



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN METODE KONVENSIONAL DAN METODE P-Y CURVE PADA LAPISAN TANAH LUNAK YANG TEBAL: STUDI KASUS KOTA BANJARMASIN DENGAN KEDALAMAN TANAH KERAS -40 METER

RETA SANDRA DEVINA
NRP 3111 100 016

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN
PONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN
METODE KONVENSIIONAL DAN METODE P-Y
CURVE PADA LAPISAN TANAH LUNAK YANG
TEBAL: STUDI KASUS KOTA BANJARMASIN
DENGAN KEDALAMAN TANAH KERAS -40 METER**

**RETA SANDRA DEVINA
NRP 3111 100 016**

**Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih ST., MT.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT (RC14-1501)

COMPARATIVE ANALYSIS OF PILE FOUNDATION DESIGN USING CONVENTIONAL METHODS AND P-Y CURVE METHODS IN THICK LAYER OF SOFT SOIL: A CASE STUDY BANJARMASIN SOIL -40 METER DEPTH

RETA SANDRA DEVINA
NRP 3111 100 016

Academic Supervisors
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih. ST., MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

**ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN
PONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN
METODE KONVENSIIONAL DAN METODE P-Y
CURVE PADA LAPISAN TANAH LUNAK YANG
TEBAL: STUDI KASUS KOTA BANJARMASIN
DENGAN KEDALAMAN TANAH KERAS -40 METER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RETA SANDRA DEVINA
NRP. 3111 100 016

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Indrasurya B. Mochtar

1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.....(Pembimbing I)

Yudhi Lastiasih

2. Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.....(Pembimbing II)

SURABAYA
JUNI, 2015

**ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI
TIANG PANCANG MENGGUNAKAN METODE
KONVENSIIONAL DAN METODE P-Y CURVE PADA
LAPISAN TANAH LUNAK YANG TEBAL: STUDI KASUS
KOTA BANJARMASIN DENGAN KEDALAMAN TANAH
KERAS -40 METER**

Nama Mahasiswa : Reta Sandra Devina
NRP : 3111100016
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

Abstrak

Dalam perencanaan pondasi gedung di atas tanah lunak, penggunaan pondasi tiang pancang menjadi salah satu pertimbangan yang dipilih. Namun, biaya pondasi tiang pancang tersebut lebih mahal jika dibandingkan dengan biaya pembangunan struktur atas gedung itu sendiri khususnya apabila kedalaman lapisan tanah keras sangat dalam seperti tanah yang ada di kota Banjarmasin. Apabila gedung tersebut merupakan sebuah gedung tinggi, maka pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang mencapai tanah keras, maka biayanya akan lebih mahal lagi.

Pada studi ini, dilakukan analisa terhadap struktur gedung secara simetris 3 dimensi setinggi 4 dan 6 lantai yang dibangun di atas tanah lunak Banjarmasin dengan kedalaman tanah keras sedalam 40 meter menggunakan pondasi dalam tiang pancang. Beberapa masalah yang harus dipecahkan adalah :a) Bagaimana hasil perbandingan pondasi tiang pancang yang dibutuhkan dari perhitungan dengan metode konvensional dan p-y curve pada tumpuan end bearing dan friction. b) Bagaimana pengaruh pondasi tiang pancang metode konvensional dan p-y curve pada tumpuan end bearing dan friction terhadap struktur atas gedung.

c) Bagaimana hasil perbedaan nilai biaya bahan yang dikeluarkan dari masing-masing metode dan tumpuan.

Hasil dari studi ini didapatkan suatu kesimpulan bahwa perencanaan struktur bangunan gedung yang paling hemat yaitu menggunakan metode p-y curve dengan P_{ijin} sebesar 0,9 ultimate tumpuan end bearing.

Kata kunci : tanah lunak, pondasi dalam, pondasi end bearing, pondasi friction, metode konvensional, metode p-y curve, settlement, pemodelan analisa struktur

COMPARATIVE ANALYSIS OF PILE FOUNDATION DESIGN USING CONVENTIONAL METHODS AND P-Y CURVE METHODS IN THICK LAYER OF SOFT SOIL: A CASE STUDY BANJARMASIN SOIL -40 METER DEPTH

Student Name : Reta Sandra Devina
NRP : 3111100016
Subject : Civil Engineering
Academic Supervisor 1: Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D.
Academic Supervisor 2: Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

Abstract

In planning the foundation of the building on soft soil , the use of pile foundation became one of the considerations is selected. However, the costs pile foundation is more expensive when compared to the cost of construction on the building structure itself, especially if the depth of the bedrock is very deep as the soil in Banjarmasin city. If the building is a high building, the foundation used is a pile foundation reach the hard ground, then the cost will be more expensive.

In this study, an analysis of the structure of the building is symmetrical 3-dimensional high as 4 and 6 floors are built on soft soil Banjarmasin hard soil to a depth of 40 meters depth using deep foundation piles. Some of the problems to be solved are: a) How do the results of pile foundation is needed in the calculation by the conventional method and p-y curve at the end bearing and friction. b) How do the influence of pile foundation conventional method and p-y curve at the end bearing and friction of the upper structure of the building. c) How do the results of differences in material costs incurred value of each method and the pedestal.

Results from this study obtained a conclusion that the structural design of the building is the most economical method with P_{ijin} p-y curve of 0.9 ultimate end bearing.

Keywords: soft soil, deep foundation, end bearing pile, friction pile, conventional method, p-y curve method, settlement, modeling structural analysis

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat, kasih dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *“Analisis Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Konvensional Dan Metode P-Y Curve Pada Lapisan Tanah Lunak yang Tebal: Studi Kasus Kota Banjarmasin Dengan Kedalaman Tanah Keras -40 Meter”* ini dengan baik dan tepat waktu.

Adapun Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat kelulusan Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi yang nyata dalam bidang ketekniksipilan.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, diantaranya:

1. Orang tua tercinta, khususnya mama atas segala dukungan dan doa yang telah diberikan.
2. Semua anggota keluarga, Nenek, dan adek-adek saya yang telah memberikan semangat selama menjalani perkuliahan.
3. Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc, Ph.D dan Ibu Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan dan ilmu yang sangat bermanfaat.
4. Ibu Putu Tantri Kumalasari, ST, MT, Bapak Dwi Prasetya ST, MT, dan Bapak Candra Irawan ST, MT yang telah memberikan ilmunya.
5. Pak Umar, Pak Gani, Pak Heppy, Pak Harno, Pak Osias, Pak Endro yang telah membantu mencari data tanah dan memberikan semangat.
6. Keluarga 2010, khususnya mbak Esti Kusuma Wardani dan mbak Friskarindi Noor Wakhidah yang selalu memberikan nasihat dan semangat untuk mengerjakan tugas akhir ini.
7. Keluarga 2011, khususnya Bobby Kurniawan, Cintantya Budi Casita, Himatul Farichah, dan I Putu Ellsa S. yang telah

memberikan semangat dan membantu untuk terselesainya tugas akhir ini. Dyah Widya D.H., Achmad Zanuar C., Galih Wicaksono, Avisha Gita P., Rastiti Chairunnisa, M. Regi Asmanda, Gleny Flores, Septian Risna W., Sabila Desvi, Rizqi Amalia, dkk yang telah menjadi teman yang baik selama perkuliahan ini.

8. Serta seluruh pihak yang menyempatkan hadir pada Seminar Tugas Akhir penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk pengembangan selanjutnya. Akhir kata, semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi generasi berikutnya.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
<i>Title Page</i>	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	vi
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xvii
Daftar Tabel	xix
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Penentuan Parameter Tanah	5
2.1.1 Penentuan nilai k dan E_{50}	5
2.2 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang	5
2.2.1 Daya Dukung Tiang Pancang pada Ujung Tiang	6
2.2.2 Daya Dukung Tiang Pancang pada Selimut Tiang	7
2.2.3 Daya Dukung Ijin (Q_{allow})	8
2.3 Daya Dukung Grup Tiang Pancang	9
2.4 Penurunan (<i>Settlement</i>)	10
2.5 <i>P-y curve</i>	11
2.5.1 Kurva Daya Dukung Total, Daya Dukung Selimut dan Ujung Tiang Pancang vs Penurunan pada Kondisi <i>Short-Term</i>	13

2.5.2 Kurva Daya Dukung Total, Daya Dukung Selimut dan Ujung Tiang Pancang vs Penurunan pada Kondisi <i>Long-Term</i>	14
2.5.3 Penurunan Konsolidasi Tanah	14
2.5.4 Penurunan Tiang Pancang dalam Grup	16
2.5.5 Nilai Konstanta Pegas (k).....	16
2.5.6 Kontrol <i>Differential Settlements</i>	17
2.6 Perhitungan Struktur.....	18
2.6.1 Kontrol Retak	18
2.6.2 Dimensi Pelat.....	18
2.6.3 Dimensi Balok	21
2.6.4 Dimensi Kolom.....	22
2.6.5 Penulangan Balok dan Kolom	23
 BAB III METODOLOGI	 25
3.1 Diagram Alir	25
3.2 Pengumpulan dan Analisa Data Sekunder Tanah	28
3.3 Penentuan Bentuk Awal Dimensi Struktur Gedung	29
3.4 Perhitungan Berat Gedung dan Asumsi Pembebanannya	31
3.5 Studi Literatur	31
3.6 Perhitungan Daya Dukung Tanah Satu Tiang Pancang.....	32
3.7 Perencanaan Penggunaan Pondasi Tiang Pancang <i>End Bearing</i>	32
3.7.1 Cara Konvensional	32
3.7.2 Cara Kurva <i>p-y</i>	33
3.8 Analisa Model Struktur	33
3.8.1 Cara Konvensional	33
3.8.2 Cara Kurva <i>p-y</i>	34
3.9 Perencanaan Jumlah Tiang Pancang dalam Satu Grup	34
3.10 Penentuan Koefisien Pegas (k) Tiang Pancang	34
3.11 Perhitungan Momen dan Gaya pada Struktur Gedung	34
3.12 Cek Lebar Retak pada Balok dan Kolom	35
3.13 Menentukan Dimensi Balok dan Kolom yang Baru.....	35

3.14 Cek Gaya yang Bekerja pada Pondasi	35
3.15 Cek Ekonomis Biaya Bahan Struktur dan Pondasi.....	35
3.16 Kesimpulan dan Saran	36
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 37
4.1 PRELIMINARY DESAIN	37
4.1.1 Data Perencanaan	37
4.1.2 Pembebanan	37
4.1.3 Perencanaan Balok	38
4.1.4 Perencanaan Tebal Pelat.....	40
4.1.4.1 Peraturan Perencanaan Pelat.....	40
4.1.4.2 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai	42
4.1.4.3 Perhitungan Lebar Efektif Pelat	42
4.1.4.4 Perhitungan Pelat Atap	44
4.1.5 Perencanaan Kolom.....	44
4.2 HASIL PERHITUNGAN PONDASI DAN STRUKTUR	46
4.2.1 $Q_{ultimate}$ Satu Tiang Pancang Diameter 60 cm	46
4.2.2 Hasil Perhitungan Jumlah Tiang Pancang pada Tiap Perletakan <i>End Bearing</i> dan <i>Friction</i>	48
4.2.3 Hasil Perhitungan Penurunan Tanah pada Metode <i>p-y</i> <i>curve</i>	52
4.2.3.1 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3_{ultimate}$	52
4.2.3.2 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm <i>End Bearing</i> <i>Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,6_{ultimate}$	53
4.2.3.3 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm meter <i>End</i> <i>Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,9_{ultimate}$	55
4.2.3.4 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3_{ultimate}$	56

4.2.3.5 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm <i>Friction Pile</i> dengan P_{ijin} 0,6 <i>ultimate</i>	57
4.2.3.6 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm <i>Friction Pile</i> dengan P_{ijin} 0,9 <i>ultimate</i>	59
4.2.4 Hasil Perhitungan Perbandingan Nilai Jumlah Tulangan, Lebar Retak, dan Defleksi yang Terjadi pada Balok Struktur Gedung	61
4.2.4.1 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan.....	62
4.2.4.1.1 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i> ..	62
4.2.4.1.2 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i> ..	64
4.2.4.1.3 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i> ..	66
4.2.4.2 Hasil Perhitungan Lebar Retak pada Balok	69
4.2.4.2.1 Perbandingan Lebar Retak pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i> ..	69
4.2.4.2.2 Perbandingan Lebar Retak pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i> ..	72
4.2.4.2.3 Perbandingan Lebar Retak pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i> ..	74
4.2.4.3 Hasil Defleksi Balok Metode <i>p-y curve</i>	77
4.2.4.3.1 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End</i> <i>Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	78
4.2.4.3.2 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End</i> <i>Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	79
4.2.4.3.3 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End</i> <i>Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	81

4.2.4.3.4 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	82
4.2.4.3.5 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	84
4.2.4.3.6 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	85
4.3 PEMBESARAN BALOK MENJADI 60 cm x 90 cm	87
4.3.1 Jumlah Tiang Pancang yang Dibutuhkan	88
4.3.2 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan	89
4.3.2.1 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i> ..	89
4.3.2.2 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i> ..	91
4.3.2.3 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i> ..	93
4.3.3 Hasil Pengecekan Lebar Retak	95
4.3.3.1 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	95
4.3.3.2 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	97
4.3.3.3 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	99
4.3.4 Hasil Pengecekan Defleksi Balok	101
4.3.4.1 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	102
4.3.4.2 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	103

4.3.4.3	Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	104
4.3.4.4	Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	105
4.3.4.5	Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	106
4.3.4.6	Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	107
4.4	RENCANA ANGGARAN BIAYA	108
4.4.1	<i>End Bearing</i> Konvensional	109
4.4.2	<i>Friction</i> Konvensional	110
4.4.3	<i>End Bearing p-y curve</i> 0,3 <i>ultimate</i>	111
4.4.4	<i>End Bearing p-y curve</i> 0,6 <i>ultimate</i>	112
4.4.5	<i>End Bearing p-y curve</i> 0,9 <i>ultimate</i>	113
4.4.6	<i>Friction p-y curve</i> 0,3 <i>ultimate</i>	114
4.4.7	<i>Friction p-y curve</i> 0,6 <i>ultimate</i>	115
4.4.8	<i>Friction p-y curve</i> 0,9 <i>ultimate</i>	116
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	119
5.1	Kesimpulan	119
5.2	Saran	120

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

2.1 Nilai <i>Modulus of Subgrade Reaction (k)</i> dan <i>Soil Strain E_{50}</i> vs NSPT untuk Tanah Lempung (Lymon C.Reese)	5
2.2 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Pasir, N_q	6
2.3 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Kohesi	7
2.4 Nilai C_p untuk Analisa Penurunan.....	10
2.5 <i>Differential Settlements</i>	17
2.6 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior	20
4.1 Beban yang Diterima Kolom.....	45
4.2 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan	50
4.3 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan dalam Pelaksanaan	51
4.4 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	62
4.5 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	65
4.6 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	67
4.7 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan <i>p-y</i> <i>curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	70
4.8 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan <i>p-y</i> <i>curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	72
4.9 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan <i>p-y</i> <i>curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	74
4.10 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y</i> <i>curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	78
4.11 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y</i> <i>curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	78
4.12 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y</i> <i>curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	80

4.13 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	80
4.14 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	81
4.15 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	82
4.16 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	83
4.17 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	83
4.18 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	84
4.19 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	85
4.20 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	86
4.21 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	86
4.22 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan Setelah Pembesaran Dimensi Balok Menjadi 60 cm x 90 cm	88
4.23 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok....	89
4.24 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok....	91
4.25 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok....	93
4.26 Lebar Retak Balok Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok	96
4.27 Lebar Retak Balok Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok	98
4.28 Lebar Retak Balok Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok	100

4.29 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	102
4.30 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	103
4.31 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	104
4.32 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	105
4.33 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	106
4.34 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	107
4.35 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode Konvensional.....	109
4.36 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>Friction</i> Metode Konvensional.....	110
4.37 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,3 <i>ultimate</i>	111
4.38 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,6 <i>ultimate</i>	112
4.39 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,9 <i>ultimate</i>	113
4.40 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,3 <i>ultimate</i>	114
4.41 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,6 <i>ultimate</i>	115

4.42 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan *Friction*
Metode *p-y curve 0,9 ultimate* 116

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

2.1 Rasio Adhesi	8
2.2 Grup Tiang Pancang untuk Analisis Vertikal.....	9
2.3 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Selimut Tiang Pancang pada Tanah Kohesi (Reese dan O'Neill, 1989)	12
2.4 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Ujung Tiang Pancang pada Tanah Kohesi (Reese dan O'Neill, 1989)	13
2.5 Total Daya Dukung, Daya Dukung Selimut Tiang dan Daya Dukung Ujung Tiang vs. Penurunan	13
2.6 Penurunan Tiang Pancang dalam Grup (NAVFAC DM 7)...	16
2.7 Nilai be pada Balok Tengah	18
2.8 Nilai be pada Balok Tepi.....	19
3.1 Diagram Alir	25
3.2 Bagan Plastisitas.....	29
3.3 Lokasi Kolom yang Ditinjau	30
3.4 Tampak Depan Struktur Gedung.....	30
3.5 Tampak Samping Struktur Gedung.....	31
4.1 Grafik $Q_{ultimate}$ <i>End Bearing</i> Satu Tiang Pancang.....	47
4.2 Grafik $Q_{ultimate}$ <i>Friction</i> Satu Tiang Pancang.....	47
4.3 Struktur Gedung Tampak 3 Dimensi.....	49
4.4 Titik Perletakan Gedung.....	49
4.5 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$	52
4.6 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$	53
4.7 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$	54
4.8 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$	54

4.9 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$	55
4.10 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$	56
4.11 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$	56
4.12 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$	57
4.13 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$	58
4.14 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$	58
4.15 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$	59
4.16 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$	59
4.17 Letak Balok-Balok Gedung yang Ditinjau Tampak Atas dan Tampak Depan Pot 1-1	61
4.18 Letak Balok-Balok Gedung yang Ditinjau dengan Persyaratan yang Ada	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia mengakibatkan kebutuhan lahan sebagai penunjang kehidupan menjadi semakin besar. Sehingga untuk mendirikan suatu bangunan mau tak mau harus didirikan di atas lahan dengan tanah yang sangat lunak. Lapisan tanah yang lunak maupun sangat lunak memiliki sifat-sifat mudah konsolidasi, sudut geser rendah, pemerbeabilitas rendah, dan mempunyai daya dukung yang rendah. Sifat-sifat itulah yang menjadi masalah perencanaan dalam mendirikan bangunan di atas tanah lunak.

Untuk mengatasi permasalahan yang ada umumnya perencanaan menggunakan pondasi tiang pancang *end bearing* dengan metode konvensional dalam perencanaan konstruksi pondasi pada suatu gedung. Hal ini dimaksudkan untuk mengatasi ketidak mungkinan penggunaan pondasi dangkal dan penurunan tanah (*settlement*) yang besar.

Pada kenyataannya terdapat 10% daerah di Indonesia yang memiliki lapisan tanah lunak dengan kedalaman tanah keras yang jauh dari permukaan tanah, misalkan saja tanah yang ada di kota Banjarmasin. Kondisi tersebut menyebabkan penggunaan tiang pancang yang tidak ekonomis karena menggunakan tiang pancang yang sangat dalam untuk mencapai tanah keras yaitu pada kedalaman 40 m. Untuk itu perlu dilakukan alternatif penghitungan pondasi lain yaitu dengan pondasi tiang pancang yang menggunakan *skin friction (friction pile)* dengan metode *p-y curve*. Pada pondasi tiang pancang metode *p-y curve*, pondasi tidak terletak di atas tanah keras oleh karena itu tidak hanya daya dukung namun *settlement* juga harus diperhitungkan akibat beban struktur atas. Jadi akibat adanya *settlement* maka momen yang ada pada struktur atas juga berubah sehingga dimensi kolom dan

balok juga harus diperhitungkan kembali agar struktur tidak mengalami retak.

Dari alternatif tersebut akan dibandingkan biaya bahan pondasi tiang pancang dengan perhitungan menggunakan metode konvensional dan metode *p-y curve*. Selain itu juga dibandingkan biaya bahan dimensi kolom dan balok dari struktur atas pondasi tiang pancang metode konvensional dengan dimensi kolom dan balok struktur atas pondasi tiang pancang metode *p-y curve*. Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan perencanaan pondasi tiang pancang yang paling ekonomis.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana hasil perhitungan jumlah pondasi *end bearing* dan *friction* dengan metode konvensional dan *p-y curve*?
2. Bagaimana hasil perbandingan jumlah tulangan balok sistem struktur atas dengan pondasi metode konvensional dan *p-y curve* pada tumpuan *end bearing* dan *friction*?
3. Bagaimana hasil perbandingan lebar retak balok sistem struktur atas dengan pondasi metode konvensional dan *p-y curve* pada tumpuan *end bearing* dan *friction*?
4. Bagaimana hasil perbandingan defleksi balok sistem struktur atas dengan pondasi metode konvensional dan *p-y curve* pada tumpuan *end bearing* dan *friction*?
5. Bagaimana hasil perhitungan dimensi balok pada tiang pancang metode *p-y curve* agar balok tidak mengalami retak dan memenuhi defleksi yang diijinkan?
6. Bagaimana perbandingan biaya bahan gedung dengan pondasi *end bearing* dan pondasi *friction*?

1.3 Tujuan

1. Memperoleh hasil perhitungan jumlah pondasi *end bearing* dan *friction* dengan metode konvensional dan *p-y curve*.

2. Mengetahui hasil perbandingan jumlah tulangan balok sistem struktur atas dengan pondasi metode konvensional dan *p-y curve* pada tumpuan *end bearing* dan *friction*.
3. Memperoleh hasil perbandingan lebar retak balok sistem struktur atas dengan pondasi metode konvensional dan *p-y curve* pada tumpuan *end bearing* dan *friction*.
4. Memperoleh hasil perbandingan defleksi balok sistem struktur atas dengan pondasi metode konvensional dan *p-y curve* pada tumpuan *end bearing* dan *friction*.
5. Menentukan dimensi balok agar tidak mengalami retak dan memenuhi defleksi yang diijinkan.
6. Mengetahui perbandingan biaya bahan gedung dengan pondasi *end bearing* dan pondasi *friction*.

1.4 Batasan Masalah

1. *Settlement* hanya terjadi pada arah vertikal.
2. *Creep settlement* dari tiang pancang grup diasumsi.
3. Tulangan kolom dan balok pada sistem struktur mendekati ρ_{min} .
4. Biaya metode pelaksanaan tidak diperhitungkan.
5. Gedung simetris 3 dimensi dengan 4 dan 6 lantai.
6. Lebar retak dan defleksi yang dihitung hanya pada balok.

1.5 Manfaat

Perencanaan dalam Tugas Akhir ini dimaksudkan dapat menjadi alternatif perencanaan pondasi dan sistem struktur pembangunan gedung tinggi empat sampai enam lantai di atas tanah lunak dengan tanah keras sedalam 40 meter seperti di kota Banjarmasin.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENENTUAN PARAMETER TANAH

2.1.1 Penentuan Nilai k dan E_{50}

Terdapat dua parameter penting untuk menganalisa lateral tiang pancang. Dua parameter tersebut adalah *modulus of subgrade reaction* (k) dan regangan tanah pada 50% defleksi dalam *p-y curve* (E_{50}). Dalam menentukan nilai k dan E_{50} pada suatu tanah lempung digunakan tabel sebagai berikut :

Tabel 2.1 Nilai *Modulus of Subgrade Reaction* (k) dan *Soil Strain* E_{50} vs NSPT untuk Tanah Lempung (Lymon C. Reese)

Consistency			Soft	Medium	Stiff	Very Stiff	Hard
	Symbol	Unit					
SPT	NSPT	-	42096	42220	42583	16-32	>32
Shear Strength	Cu	kPa	45627	24-48	48-96	96-192	192-383
		Psf	250-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	>4000
MSR*							
Static Loading	k	kN/m ³	8140	27150	136000	271000	543000
		Pci	30	100	500	1000	2000
Cyclic Loading	k	kN/m ³	-	-	54300	108500	217000
		Pci	-	-	200	400	800
Soil Strain	E_{50}	%	2	1	0.7	0.5	0.4

2.2 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang

Dalam perhitungan daya dukung pada *software allpile* diperlukan data NSPT sebagai *input data*. Setelah itu dihitung dengan menggunakan perumusan sesuai *design manual* sebagai berikut.

Untuk menghitung $Q_{ultimate}$ satu tiang pancang, rumus yang digunakan adalah (NAVFAC DM 7.02) :

$$Q_{dw} = Q_{tip} + Q_{side} \quad (2.1)$$

dimana Q_{dw} = daya dukung ultimate
 Q_{tip} = daya dukung ujung tiang
 Q_{side} = daya dukung tanah dari lekatan lateral pada selimut tiang

2.2.1 Daya Dukung Tiang Pancang pada Ujung Tiang

$$Q_{tip} = A_{tip} \cdot q_{ult} = A_{tip} \cdot (N_q \cdot S_v + N_c) \quad (2.2)$$

dimana A_{tip} = luas ujung tiang
 q_{ult} = ultimate bearing capacity pondasi
 S_v = tekanan vertikal tanah
 N_q = faktor daya dukung untuk tanah pasir
 N_c = faktor daya dukung untuk tanah kohesi

Tabel 2.2 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Pasir, N_q

Φ (Internal friction)	N_q (Displacement pile)	N_q (No-Displacement pile)
26	10	5
28	15	8
30	21	10
31	24	12
32	29	14
33	35	17
34	42	21
35	50	25
36	62	30
37	77	38
38	86	43
39	120	60
40	145	72

Tabel 2.3 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Kohesi

z/B (Depth/Width)	Nc
0	6.3
1	7.8
2	8.4
3	8.8
4	9
>4	9

2.2.2 Daya Dukung Tiang Pancang dari Lekatan Lateral pada Selimut Tiang

$$Q_{side} = \sum Sf \, P_i \, \Delta l = \sum (f_0 + C_a) P_i \, \Delta l \quad (2.3)$$

dimana

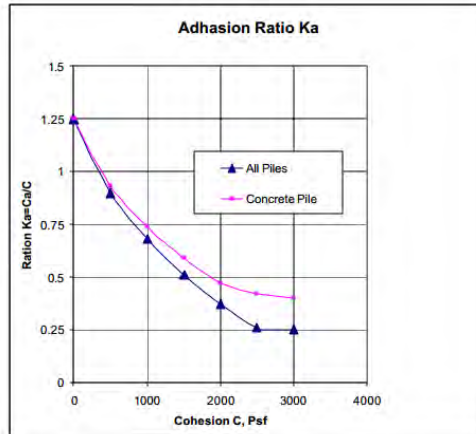
Sf	= daya dukung selimut
f_0	= lekatan pada selimut pada tanah pasir
C_a	= adhesi pada tanah kohesi
P_i	= keliling tiang
Δl	= segmen pada tiang

Adhesi pada tanah kohesi :

$$C_a = K_c \cdot K_a \cdot C \quad (2.4)$$

dimana

C	= shear strength tanah kohesi
K_c	= faktor adhesi (0.1-1)
K_a	= rasio adhesi



Gambar 2.1 Rasio Adhesi

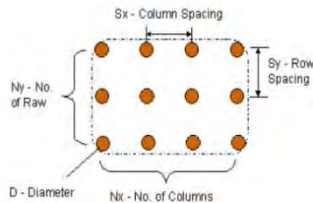
2.2.3 Daya Dukung Ijin (Qallow)

$$Q_{allow} = \frac{Q_{tip}}{FS_{tip}} + \frac{Q_{side}}{FS_{side}} \quad (2.5)$$

dimana

- Q_{tip} = daya dukung ujung tiang
- Q_{side} = daya dukung tanah lekatan lateral pada selimut tiang
- FS_{tip} = safety factor daya dukung ujung tiang
- FS_{side} = safety factor daya dukung tanah lekatan lateral pada selimut tiang

2.3 Daya Dukung Grup Tiang Pancang



Gambar 2.2 Grup Tiang Pancang untuk Analisis Vertikal

Pada umumnya, tiang pancang yang digunakan dalam grup yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2 untuk menyalurkan beban ke tiap tiang pancang. Analisa yang dilakukan dibagi menjadi empat tahapan.

Berikut adalah tahapan analisis daya dukung tiang pancang dalam grup :

1. Menghitung daya dukung satu tiang pancang, Q_{single}
 Q_{single} termasuk daya dukung ujung tiang pancang dan daya dukung selimut tiang pancang.
2. Menghitung daya dukung blok tiang pancang, Q_{block}
 $B_x = (n_x - 1) \cdot S_x + D$ (2.6)
 $B_y = (n_y - 1) \cdot S_y + D$ (2.7)
3. Menghitung efisiensi grup

$$\eta = \frac{Q_{block}}{n \cdot Q_{single}} \quad (2.8)$$

dimana n = total jumlah tiang pancang $n = n_x \cdot n_y$

4. Menentukan daya dukung tiang pancang dalam grup,
 Q_{group}
 Jika $\eta = 1$, maka $Q_{group} = n \cdot Q_{single}$ (2.9)
 Jika $\eta < 1$, maka $Q_{group} = Q_{block}$ (2.10)

2.4 *Settlement*

Berdasarkan rekomendasi Vesic (1977), penurunan ujung atas tiang pancang terdiri dari tiga komponen sebagai berikut :

- a. Penurunan akibat deformasi aksial oleh tiang pancang, X_s

$$X_s = \sum (Q_{tip} + Q_{side}) \frac{\Delta l}{A'E} \quad (2.11)$$

dimana

- Q_{tip} = daya dukung ujung tiang pancang
- Q_{side} = daya dukung tanah lekatan lateral pada selimut tiang
- Δl = segmen tiang pancang
- A' = luas efektif tiang
- E = modulus elastisitas tiang pancang

- b. Penurunan tiang pancang akibat beban yang diterima ujung tiang, X_{pp}

$$X_{pp} = \frac{C_p Q_t}{B q_{ult}} \quad (2.12)$$

dimana

- C_p = koefisien empiris menurut tipe tanah dan metode konstruksi
- Q_t = daya dukung ujung tiang pancang
- B = diameter tiang pancang
- q_{ult} = daya dukung ultimate tiang pancang

Tabel 2.4 Nilai C_p untuk Analisa Penurunan

Soil Type	Driven Piles	Drilled Piles
Sand	0.03	0.135
Clay	0.025	0.045
Silt	0.04	0.105

- c. Penurunan tiang pancang akibat beban yang diterima seluruh selimut tiang, X_{ps}

$$X_{ps} = \frac{C_s Q_s}{L_e q_{ult}} \quad (2.13)$$

dimana L_e = panjang tiang pancang yang tertanam
 q_{ult} = daya dukung ultimate tiang pancang
 Q_s = daya dukung tanah lekatan lateral pada selimut tiang
 $C_s = \left(0.93 + 0.16 \sqrt{\frac{z}{B}}\right) C_p$
 Dimana z/B = kedalaman / lebar tiang pancang

Total penurunan satu tiang pancang, X_{total}

$$X_{total} = (X_s + X_{pp} + X_{ps}) \quad (2.14)$$

• **Settlement Tiang Pancang dalam Grup (*immadiate settlement*)**

Menurut Vesic (1969), penurunan tiang pancang dalam grup dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$X_{group} = X_{single} \cdot \sqrt{\frac{B'}{D}} \quad (2.15)$$

Mengacu pada penurunan satu tiang pancang (DM 7-7.2-209):

Dimana B' = dimensi paling kecil diantara B_x dan B_y

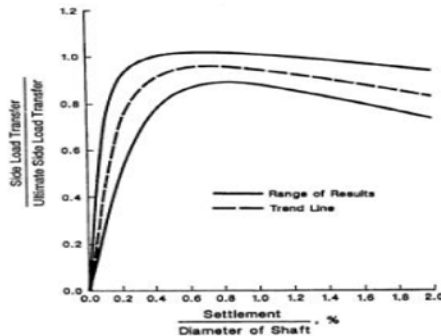
D = diameter satu tiang pancang

2.5 *P-y Curve*

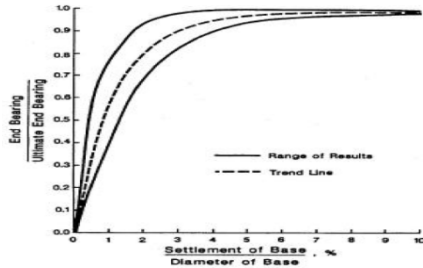
P-y curve adalah kurva yang menunjukkan hubungan beban vertikal (p) dan penurunan (y). Kurva ini didapat dari kurva

t-z (beban samping vs gerakan geser) dan kurva q-w (beban ujung tiang pancang vs penurunan dasar tiang). Kurva t-z menunjukkan hubungan daya dukung pada selimut tiang dan pergeseran antara tanah dan tiang pancang. Pada kurva t-z dapat bervariasi pada kedalaman dan tanah yang berbeda. Kurva q-w menunjukkan hubungan antara daya dukung ujung tiang dan penurunan dasar tiang pancang. Terdapat empat tahapan dalam menentukan kurva t-z dan kurva q-w :

1. Hitung daya dukung *ultimate* ujung tiang pancang dan daya dukung *ultimate* selimut tiang pancang.
2. Cari rasio penurunan dan distribusi beban dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4
3. Integrasikan daya dukung ujung tiang dan daya dukung selimut tiang untuk mendapatkan total daya dukung vertikal seperti fungsi pada penurunan.
4. Dari hubungan antara rasio penurunan dan distribusi beban, didapat kurva t-z dan kurva q-w.



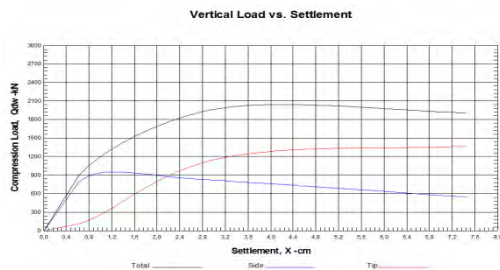
Gambar 2.3 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Selimut Tiang Pancang pada Tanah Kohesi (Reese dan O'Neill, 1989)



Gambar 2.4 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Ujung Tiang Pancang pada Tanah Kohesi (Reese dan O'Neill, 1989)

2.5.1 Kurva Daya Dukung Total, Daya Dukung Selimut dan Ujung Tiang Pancang vs Penurunan pada Kondisi *Short-Term*

Pada gambar di bawah ini, menunjukkan beban vertikal didistribusikan ke selimut tiang pancang dan ujung tiang pancang pada kondisi *short-term*. Pada kondisi ini digunakan metode Reese dan O'Neill. Dari gambar dapat dilihat bahwa penurunan akibat selimut tiang pancang lebih kecil dibandingkan penurunan akibat ujung tiang pancang. Nilai *ultimate* dari keduanya tidak dapat digabungkan dengan mudah. Maka, daya dukung ujung tiang pancang membutuhkan *Factor of Safety* yang lebih besar untuk mendapatkan daya dukung ijin.



Gambar 2.5 Total Daya Dukung, Daya Dukung Selimut Tiang dan Daya Dukung Ujung Tiang vs. Penurunan

2.5.2 Kurva Daya Dukung Total, Daya Dukung Selimut dan Ujung Tiang Pancang vs Penurunan pada Kondisi *Long-Term*

Kurva Total daya dukung selimut dan ujung tiang pancang vs penurunan pada kondisi long-term didapat dari penjumlahan nilai daya dukung dan penurunan yang didapat dari perhitungan menggunakan metode Reese dan O'Neill (1989) dan metode Mochtar (1988). Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan kurva total daya dukung vs penurunan pada kondisi *long-term*:

$$p(t) = p_o + \frac{d_i U \exp(V R_i)}{W} t^w \quad (2.16)$$

dimana	$p(t)$	= penurunan kondisi <i>long-term</i>
	p_o	= penurunan kondisi <i>short-term</i>
	d_i	= diameter tiang pancang
	U	= 8×10^{-6}
	V	= 3×10^{-2}
	R	= <i>load ratio</i>
	W	= 0,41

2.5.3 Penurunan Konsolidasi Tanah

Jika penekanan suatu lapisan tanah tergantung terhadap waktu, pengaruhnya disebut penurunan konsolidasi atau biasa disebut konsolidasi saja. Teori umum termasuk konsep tekanan pori dan tegangan efektif adalah salah satu hal yang dikembangkan pada awalnya oleh Terzaghi selama tahun 1920-1924. Teori konsolidasi mengansumsikan sebagai berikut :

- Tanah dalam kondisi jenuh air
- Air dan butir-butir tanah tidak mampu ditekan.
- Konsolidasi merupakan konsolidasi satu dimensi vertikal, sehingga tidak terdapat aliran air lateral maupun pergerakan tanah.

Berdasarkan analisa yang dilakukan di laboratorium, maka diperoleh rumusan untuk penurunan konsolidasi primer dari tanah. Perumusan penurunan konsolidasi primer pada tanah dibedakan menjadi dua, tergantung dari jenis tanahnya. Jenis tanah tersebut yaitu, tanah yang terkonsolidasi secara normal (*Normally consolidated*) dimana tanah mengalami efektif yang merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami, dan terkonsolidasi lebih (*over consolidated*) dimana tanah mengalami tegangan *overburden* saat ini lebih kecil dari pada tegangan yang pernah dialami sebelumnya. Tegangan *overburden* efektif maksimum yang pernah dialami sebelumnya disebut tegangan prakonsolidasi (*Preconsolidation pressure*).

Persamaan penurunan konsolidasi satu dimensi untuk tanah lempung adalah sebagai berikut *Das (1985 : 194-195)*

Kondisi tanah terkonsolidasi normal (NC soil) $\rightarrow \sigma'_o = \sigma'_c$

$$S_c = \frac{Cc x H}{1 + e_o} \text{Log} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma}{\sigma'_o} \right) \quad (2.17)$$

Kondisi tanah terkonsolidasi lebih (OC soil) $\rightarrow \sigma'_o < \sigma'_c$

Bila $\sigma'_o + \Delta \sigma \leq \sigma'_c$ maka,

$$S_c = \frac{Cs x H}{1 + e_o} \text{Log} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma}{\sigma'_o} \right) \quad (2.18)$$

Bila $\sigma'_o + \Delta \sigma > \sigma'_c$ maka,

$$S_c = \frac{Cs x H}{1 + e_o} \text{Log} \left(\frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right) + \frac{Cc x H}{1 + e_o} \text{Log} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma}{\sigma'_c} \right) \quad (2.19)$$

Dimana :

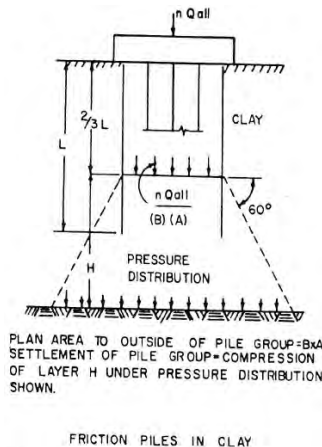
H	=	Tebal lapisan lempung
e_o	=	Angka pori (<i>Initial void ratio</i>)
Cc	=	Indeks kompresi (<i>Compression index</i>)
Cs	=	Indeks mengembang (<i>Swelling index</i>)

$\Delta\sigma$ = Besarnya tegangan akibat pembebanan di muka tanah

σ_o' = Tegangan overburden efektif (*effective overburden pressure*)

σ_c' = Tegangan prakonsolidasi efektif (*effective praconsolidation pressure*).

2.5.4 Penurunan Tiang Pancang dalam Grup



Gambar 2.6 Penurunan Tiang Pancang Dalam Grup (NAVFAC DM 7)

2.5.5 Nilai Konstanta Pegas (k)

Diasumsikan bahwa tanah dianggap sebagai media elastis seperti pegas, oleh karena itu memiliki nilai konstanta yang harus dicari. Adapun untuk mencari konstanta pegas dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F_i = k_{si} \cdot \delta_i \quad (2.20)$$

Dimana :

F_i = Gaya atau beban yang terjadi di titik ke-i

k_{si} = konstanta pegas di titik ke-i
 δ_i = Penurunan yang terjadi di titik ke-i

Dengan nilai δ_i yang sama maka diperoleh besarnya konstanta pegas dari persamaan (2.20) menjadi

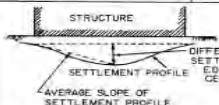
$$k_{si} = \frac{F_i}{\delta_i} \quad (2.21)$$

2.5.6 Kontrol Differential Settlements

Tabel 2.5 *Differential Settlements* (NAVFAC DM 7)

TABLE 4-1
Tolerable Differential Settlements of Structures

Type of structure	Tolerable differential settlements	Qualifying conditions
Circular steel petroleum or fluid storage tanks Fixed top: Floating top:	(Units of radians of slope of settlement profile) 0.008 0.002 to 0.003 (depending on details of floating top).	Values apply to tanks on flexible base. Rigid slabs for base will not permit such settlement without cracking and local buckling.
Tracks for overhead traveling crane	0.003	Value taken longitudinally along track. Settlement between tracks generally does not control.
Rigid circular mat or ring footing for tall and slender rigid structures such as masts, silos, or water tanks.	0.002 (cross slope of rigid foundation)	
Jointed rigid concrete pressure pipe conduit	0.015 (radians of angle change at joint)	Maximum angle change at joints generally 2 to 4 times average slope of settlement profile. Damage to joint also depends on longitudinal extension.
One- or two-story steel frame, truss roof, warehouse with flexible siding.	0.006 to 0.008	Presence of overhead crane, utility lines, or operation of forklifts on warehouse floor would limit tolerable settlement.
One- or two-story houses with plain brick bearing walls and light structural frame.	0.002 to 0.003	Larger value is tolerable if significant portion of settlement occurs before interior finish is complete.
Structures with sensitive interior or exterior finish such as plaster, ornamental stone, or tile facing.	0.001 to 0.002	Larger value is tolerable if significant portion of settlement occurs before finish is complete.
Structures with relatively insensitive interior or exterior finish such as dry wall, movable panels, glass panels.	0.002 to 0.003	Damage to structural frame may limit tolerable settlements.
Multistory heavy concrete rigid frame on structural mat foundation 4 ft or thick.	0.0015	Damage to interior or exterior finish may limit tolerable settlements.



Tolerable differential settlement is expressed in terms of slope of settlement profile

Value of 0.001 = 1/4-in. differential settlement in 20-ft distance

Value of 0.008 = 2-in. differential settlement in 20-ft distance

2.6 Perhitungan Struktur

2.6.1 Kontrol Retak

Perhitungan lebar retak yang diberikan oleh *sk-sni-03-xxxx-2002 pasal 12.6.4*

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \beta f_s^3 \sqrt{d_c A} \quad (2.22)$$

dimana

β = 1,2 (untuk balok)

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada kondisi beban kerja, MPa

d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat, mm

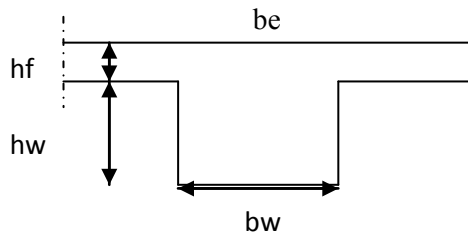
A = luas efektif beton

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

2.6.2 Dimensi Pelat

Menurut *SNI 03-2847-2013 pasal 8.12.2* dan *pasal 8.12.3* disebutkan beberapa cara menentukan lebar efektif dari balok T

Balok tengah :



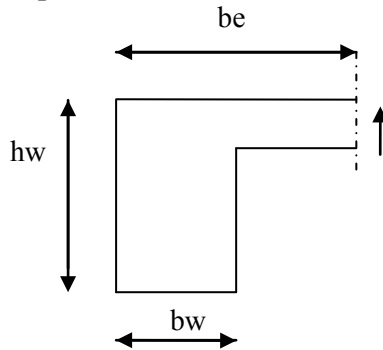
Gambar 2.7 Nilai b_e pada Balok Tengah

- $be1 = \frac{1}{4} Lb$ (2.23)

- $be2 = bw + 8hf$ (2.24)

Dari kedua be tersebut diambil nilai yang terkecil.

Balok tepi :



Gambar 2.8 Nilai be pada Balok Tepi

- $be1 = \frac{1}{12} Lb$ (2.25)

- $be2 = bw + 6hf$ (2.26)

Dari kedua be tersebut diambil nilai yang terkecil.

Harga α_m didapat dari

$$\alpha = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{plat} I_{plat}} \quad (2.27)$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 \quad (2.28)$$

$$I_{plat} = bs \times \frac{t^3}{12} \quad (2.29)$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h_w}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h_w}\right)} \quad (2.30)$$

dimana :

- be = lebar efektif, harga minimum (cm)
- bw = lebar balok (cm)
- hf = tebal rencana plat (cm)
- hw = tinggi balok (cm)

Menurut *SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2* dan *pasal 9.5.3.3* disebutkan cara untuk menentukan tebal pelat.

- a. Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan

Tabel 2.6 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, fy Mpa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel Interior	Panel ekterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
420	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
520	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34

- b. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (2.31)$$

dan tidak boleh kurang dari 125mm

- c. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (2.32)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

2.6.3 Dimensi Balok

Penentuan tinggi balok minimum (h_{min}) dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.5.2

$$h = \frac{\lambda}{16} x \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad (\text{untuk } f_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa}) \quad (2.33)$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot H \quad (2.34)$$

Keterangan:

h = Tinggi balok

λ = Panjang bentang struktur tinjauan

f_y = Tegangan leleh (Mpa)

b = lebar balok

2.6.4 Dimensi Kolom

(Berdasarkan PPIUG 1983 tabel 2.1 dan tabel 3.1)

Perhitungan dimensi kolom dilakukan dengan membedakan beban yang ada dengan beban mati dan beban hidup. Beban mati merupakan semua beban mati yang akan menumpu pada kolom yaitu : Dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kulit bangunan gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain. Semua beban mati yang ada di jumlah dan menghasilkan DL (*dead load*).

Beban hidup merupakan semua beban mati yang akan menumpu pada kolom sesuai dengan fungsi struktur tersebut yaitu beban hidup pada atap yang digunakan untuk taman atap atau tujuan pertemuan sebesar 250 kg/m^2 dan beban hidup pada lantai sebesar 250 kg/m^2 . Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka factor reduksi ($\phi=0.65$).

$$W = 1,4 \times D \quad (2.35)$$

$$W = 1,2 \times DL + 1,6 \times LL + 0,5 \times R \quad (2.36)$$

$$W = 1,2 \times DL + 1,6 \times R + (L \text{ atau } 0,5W) \quad (2.37)$$

$$W = 1,2 \times DL + 1,0 \times W + LL + 0,5 \times R \quad (2.38)$$

$$W = 1,2 \times DL + 1,0 \times E + LL \quad (2.39)$$

$$W = 0,9 \times DL + 1,0 \times E + LL \quad (2.40)$$

$$W = 0,9 \times DL + 1,0 \times E \quad (2.41)$$

$$A = \frac{W}{\Phi f_c'} \quad (2.42)$$

$$b^2 = A \text{ cm}^2 \quad (2.43)$$

Keterangan:

W = Berat total bangunan

A = Luas dimensi kolom

B = lebar dan panjang kolom

2.6.5 Penulangan Balok dan Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 untuk menghitung penulangan pada balok dan kolom digunakan rumus sebagai berikut :

$$\rho_{min} = \frac{0,25x\sqrt{f'c}}{f_y} \quad (2.44)$$

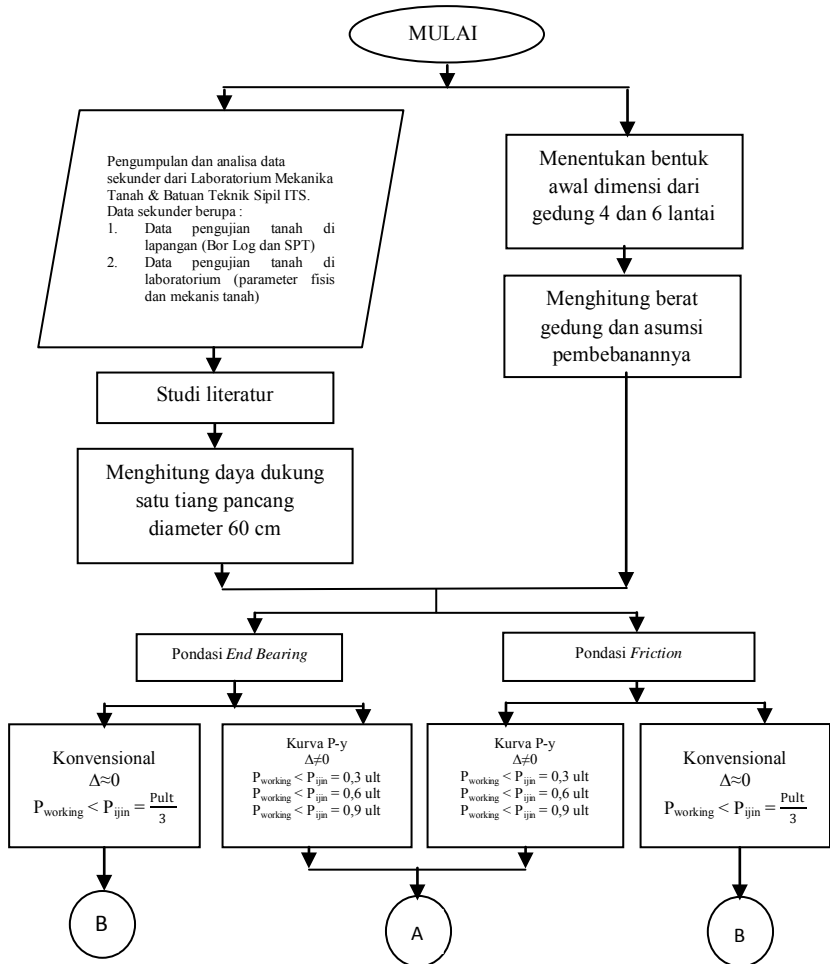
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.45)$$

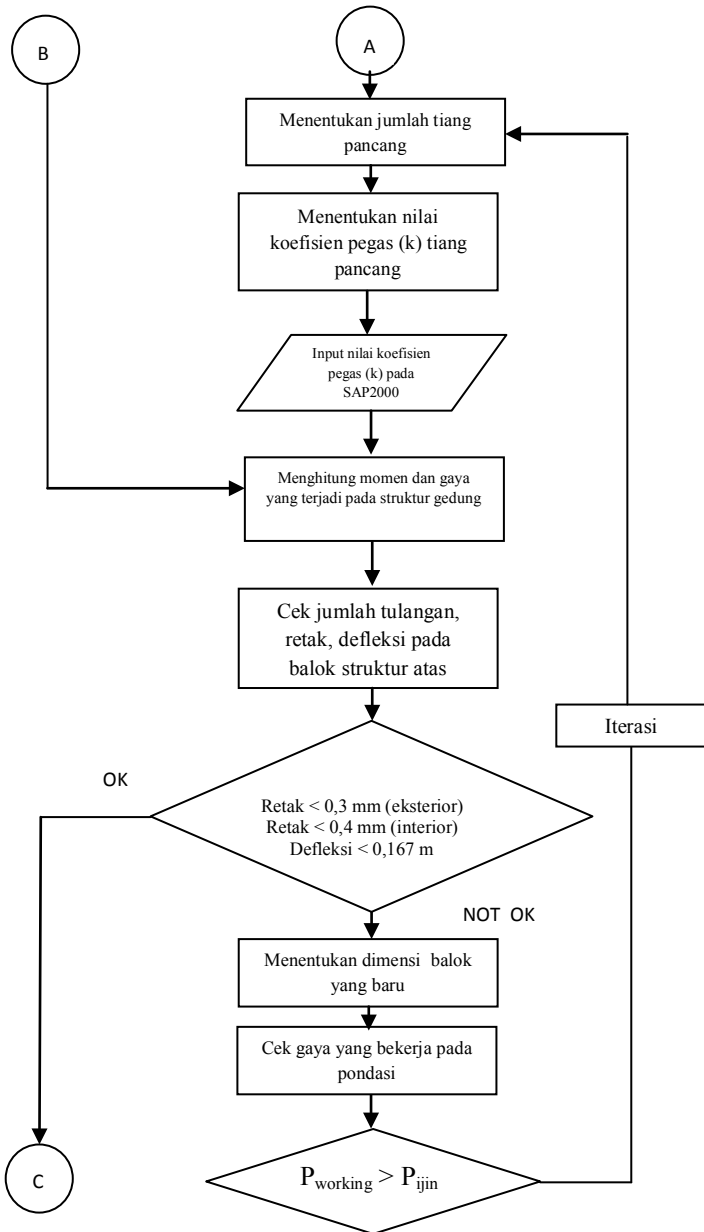
Dari kedua harga ρ_{min} tersebut diambil harga yang terbesar.

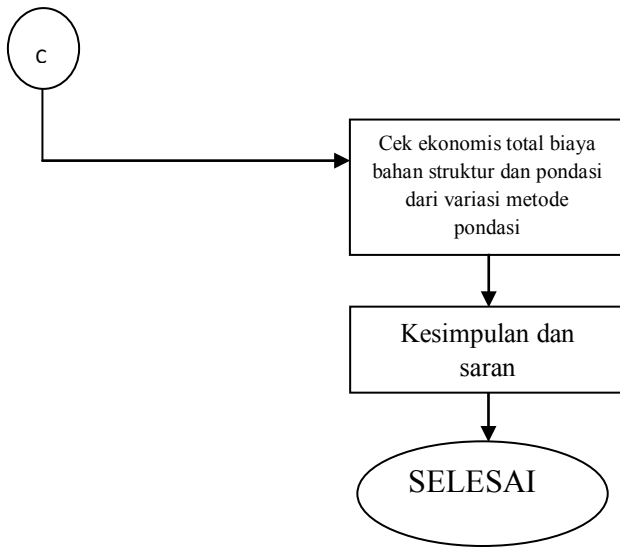
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir







Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Pengumpulan dan Analisa Data Sekunder Tanah

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instansi terkait atau hasil survei dari pihak lain. Data tersebut meliputi:

1. Data pengujian tanah, meliputi:

- *Deep Boring (Drilling Log)*

Data *Drilling Log* meliputi penyelidikan yang dilakukan berupa pemboran teknik yang diambil sampel tidak terganggu (*undisturbed sample*) sejumlah beberapa titik. Di Banjarmasin terdapat empat titik yang ditinjau, titik No. II, III, IV pemboran dilakukan sampai kedalaman 35 meter dan titik bor No. I pemboran sampai kedalaman meter 40 meter. Dalam tugas akhir ini, data yang dipakai adalah data pada titik No. IV. Sedangkan di Surabaya terdapat tiga titik bor yaitu titik B1-1, B2-1, B3-1. Dalam tugas akhir ini data yang dipakai adalah data pada titik B3-1. Dari setiap titik lokasi bor dan juga disertai dengan uji NSPT dan sondir. Pengujian untuk sampel tidak terganggu yang diambil dari lapangan bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dan fisik tanah yang menyelidikannya dilakukan di laboratorium tanah. Berikut adalah pengujian yang dilakukan dalam tugas akhir ini.

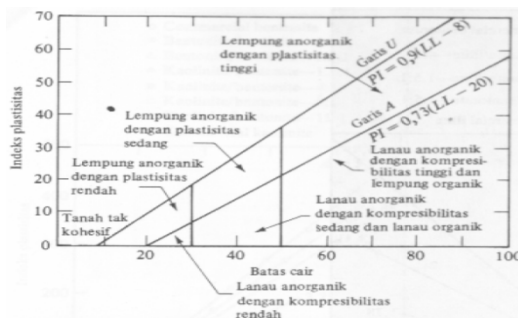
Uji sifat-sifat indeks tanah (Index Properties Test)

- Tes Volumetri – Gravimetri
- Tes Triaxial
- Tes Unconfined
- Tes Atterberg Limit

Dalam Tugas akhir ini parameter-parameter seperti NSPT, berat isi (*unit weight*), sudut geser (*friction angle*), kohesi (*cohesion*) akan dimasukkan ke dalam *software* bantu *allpile* bertujuan untuk menganalisa daya dukung pondasi tiang pancang pada tanah lunak Banjarmasin.

- Tes Atterberg limit

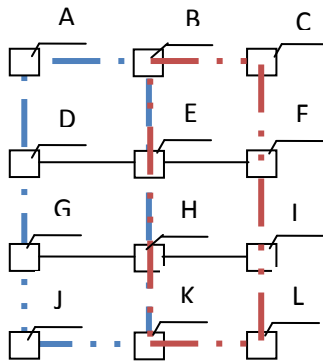
Dalam Tes Atterberg limit akan didapatkan nilai *Liquid Limit* (LL) dan *Plastic Limit* (PL) dari setiap titik lokasi (*bore hole*) dan juga didapatkan nilai *Plasticity Index* (PI) dari perbedaan antara *Liquid Limit* (LL) dan *Plastic Limit* (PL). Nilai tersebut nantinya akan diplotkan pada bagan plastisitas (grafik casagrande) pada Gambar 3.2 yang akan memberikan informasi mengenai sifat dan mengidentifikasi jenis tanah.




Gambar 3.2 Bagan plastisitas


3.3 Penentuan Bentuk Awal Dimensi Struktur Gedung

Bentuk awal dari struktur gedung yaitu berbentuk persegi panjang dimana panjang 16 meter dan lebar 24 meter dengan jarak antar kolom 8 meter di sisi memanjang dan melintang. Gedung terdiri dari empat dan enam lantai dengan jarak tiap lantainya sebesar 4 meter. Titik yang ditinjau dalam perhitungan terletak seperti dalam gambar berikut ini.

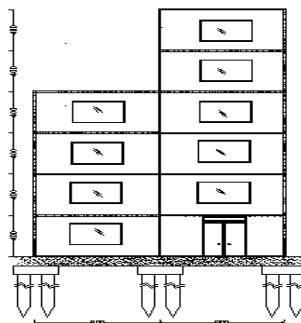


Keterangan :

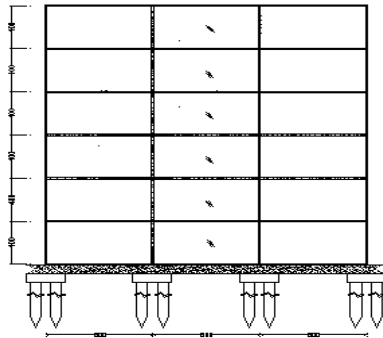
 = Gedung 4 lantai

 = Gedung 6 lantai

Gambar 3.3 Lokasi Kolom yang Ditinjau



Gambar 3.4 Tampak Depan Struktur Gedung



Gambar 3.5 Tampak Samping Struktur Gedung

3.4 Perhitungan Berat Gedung dan Asumsi Pembebanannya

Perhitungan berat gedung yaitu dimensi pelat, balok, dan kolom direncanakan berdasarkan SNI 2847 - 2013. Selain berat struktur berdasarkan PPIUG 1983, juga dipertimbangkan berat struktur akibat gempa yang diperoleh dari SNI 1726 – 2012. Hasil berat gedung diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan *software SAP2000*.

3.5 Studi Literatur

Studi Literatur yang dimaksudkan adalah mengumpulkan materi-materi yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan. Adapun bahan studi yang nantinya digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Referensi tentang pengoperasian *software allpile* dan *SAP2000*.
2. Referensi mengenai perhitungan $P_{ultimate}$ dan settlement dengan cara konvensional dan cara kurva $p-y$.

3. Referensi mengenai perencanaan dimensi pelat, balok, kolom, dan lebar retak struktur dalam SNI.
4. Perhitungan perencanaan jumlah tiang pancang dalam suatu grup.
5. Perhitungan biaya bahan dari pondasi dan struktur.

Ringkasan yang menunjang beserta rumus-rumus yang mendukung.

3.6 Perhitungan Daya Dukung Satu Tiang Pancang dengan Diameter 60 cm

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang digunakan software *allpile* yang menggunakan metode Vesic. Adapun diameter yang digunakan adalah diameter 60 cm. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui daya dukung ultimate yang ada pada satu tiang pancang di tanah lunak Banjarmasin.

3.7 Perencanaan Penggunaan Pondasi Tiang Pancang *End Bearing*

Pada perencanaan jenis pondasi ini, tiang pancang diletakkan tepat di atas tanah keras yaitu sampai kedalaman 40 meter. Pondasi tiang pancang *end bearing* menggunakan ujung pondasi sebagai kekuatan daya dukungnya (Q_{tip}). Untuk menghitung $P_{ultimate}$ dan penurunan pada pondasi *end bearing* digunakan dua cara yaitu :

3.7.1 Cara Konvensional

Cara konvensional adalah cara untuk menghitung $P_{ultimate}$ pondasi tiang pancang *end bearing* dengan asumsi tidak ada penurunan pada tiang pancang ($\Delta \approx 0$) dengan menggunakan software *allpile*. Pada cara ini beban struktur yang bekerja ($P_{working}$) harus lebih kecil dari P_{ijin} tiang dimana P_{ijin} tiang yaitu

$P_{ultimate}$ dibagi dengan tiga ($P_{working} < P_{ijin} = \frac{P_{ult}}{3}$). Pada input *SAP2000* pondasi ini diasumsikan sebagai perletakan jepit.

3.7.2 Cara Kurva P - y

Cara kurva P - y adalah cara untuk menghitung $P_{ultimate}$ pondasi tiang pancang *end bearing* dengan asumsi adanya penurunan / *settlement* pada tiang pancang ($\Delta \neq 0$) dengan menggunakan software *allpile*. Pada cara ini beban struktur yang bekerja ($P_{working}$) harus kecil dari P_{ijin} tiang dimana P_{ijin} tiang yaitu $P_{ultimate}$ dikali dengan koefisien 0,3; 0,6; dan 0,9. Pada input *SAP2000* pondasi ini diasumsikan sebagai perletakan pegas.

3.8 Perencanaan Penggunaan Pondasi Tiang Pancang *Friction*

Pada perencanaan jenis pondasi ini, tiang pancang diletakkan tidak sampai menyentuh tanah keras. Pondasi tiang pancang *friction* menggunakan lekatan tanah pada sepanjang selimut pondasi sebagai kekuatan daya dukungnya (Q_{side}). Untuk menghitung $P_{ultimate}$ dan penurunan pada pondasi *friction* digunakan dua cara yaitu :

3.8.1 Cara Konvensional

Cara konvensional adalah cara untuk menghitung $P_{ultimate}$ pondasi tiang pancang *friction* dengan asumsi tidak ada penurunan pada tiang pancang ($\Delta \approx 0$) dengan menggunakan software *allpile*. Pada cara ini beban struktur yang bekerja ($P_{working}$) harus lebih kecil dari P_{ijin} tiang dimana P_{ijin} tiang yaitu $P_{ultimate}$ dibagi dengan tiga ($P_{working} < P_{ijin} = \frac{P_{ult}}{3}$). Pada input *SAP2000* pondasi ini diasumsikan sebagai perletakan jepit.

3.8.2 Cara Kurva P - y

Cara kurva P - y adalah cara untuk menghitung $P_{ultimate}$ pondasi tiang pancang *friction* dengan asumsi adanya penurunan / *settlement* pada tiang pancang ($\Delta \neq 0$) dengan menggunakan software *allpile*. Pada cara ini beban struktur yang bekerja ($P_{working}$) harus lebih kecil dari P_{ijin} tiang dimana P_{ijin} tiang yaitu $P_{ultimate}$ dikali dengan koefisien 0,3; 0,6; dan 0,9. Pada input *SAP2000* pondasi ini diasumsikan sebagai perletakan pegas.

3.9 Perencanaan Jumlah Tiang Pancang dalam Satu Grup

Perencanaan jumlah tiang pancang dilakukan setelah mengetahui daya dukung pada satu pondasi tiang pancang dan berat total dari struktur atas, sehingga dapat dihitung jumlah pancang yang dibutuhkan dalam satu grup untuk menahan distribusi berat struktur di atasnya.

3.10 Penentuan Koefisien Pegas (k) Tiang Pancang

Nilai koefisien Pegas (k) tiang pancang didapat dari suatu persamaan kurva P - y yang kemudian dilakukan beberapa iterasi sehingga mendapatkan nilai (k) yang sesuai. Nilai ini merupakan *input* pada perletakan pegas dalam *SAP2000*.

3.11 Perhitungan Momen dan Gaya Pada Struktur Gedung

Hasil momen dan gaya pada struktur gedung pada *SAP2000* didapat setelah struktur bawah yaitu pondasi tiang pancang telah selesai direncanakan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing jenis pondasi terhadap besarnya momen dan gaya yang terjadi pada struktur atas.

3.12 Cek Lebar Retak dan Defleksi pada Balok dan Kolom

Pengecekan lebar retak dilakukan setelah mengetahui besarnya momen dan gaya yang terjadi pada struktur atas. Syarat lebar retak tidak boleh lebih dari 0,3 mm untuk penampang luar yang terkena cuaca sedangkan untuk penampang dalam ruangan tidak boleh lebih dari 0,4 mm sesuai dengan SK SNI 03 - xxxx – 2002. Sedangkan untuk defleksi balok harus memenuhi peraturan pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1 yaitu kurang dari 0,167 m.

3.13 Menentukan Dimensi Balok yang Baru

Apabila terjadi retak pada struktur melebihi syarat yang telah ditetapkan SK SNI 03 - xxxx – 2002, maka harus direncanakan kembali dimensi balok yang baru sampai tidak terjadi keretakan balok pada struktur atas.

3.14 Cek Gaya yang Bekerja pada Pondasi

Cek gaya-gaya yang bekerja pada pondasi pada setiap titik yang ditinjau dengan menggunakan *SAP2000* setelah mengubah dimensi balok dan kolom. Apabila gaya yang bekerja pada pondasi (P_{working}) lebih besar dari daya dukung ijin tiang ($P_{\text{ijintiang}}$) maka dilakukan iterasi dengan mengubah jumlah tiang pancang.

3.15 Cek Ekonomis Biaya Bahan Struktur dan Pondasi

Apabila seluruh dari berbagai alternatif variasi pondasi tiang pancang dan dimensi struktur atas telah direncanakan secara aman, maka dilakukan pengecekan total biaya bahan untuk mengetahui jenis pondasi tiang pancang yang paling ekonomis.

3.16 Kesimpulan dan Saran

Setelah analisis jenis pondasi *end bearing* dan *friction* dengan jumlah tiang dan variasi metode yang berbeda serta besar dimensi struktur atas, maka dapat disimpulkan biaya bahan yang paling ekonomis sehingga dapat menjadi alternatif dalam pembangunan gedung tinggi di atas tanah lunak.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PRELIMINARY DESAIN STRUKTUR ATAS

Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan preliminary baiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung. Dimensi-dimensi balok induk, pelat, dan kolom yang didapatkan dari preliminary desain ini merupakan perhitungan dimensi awal yang kemudian dapat dirubah untuk memperoleh sistem struktur yang kaku dan tahan terhadap sifat elastis tanah. Perhitungan dimensi tersebut adalah sebagai berikut.

4.1.1 DATA PERENCANAAN

Perencanaan struktur gedung di atas tanah lunak Banjarmasin menggunakan beton bertulang pada keseluruhan struktur gedung. Berikut ini adalah data-data perencanaan struktur gedung.

- Lokasi : Banjarmasin
- Jumlah Lantai : 4 lantai dan 6 lantai
- Ketinggian Lantai : 4,00 m
- Mutu Beton (f_c) : 35 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa

4.1.2 Pembebanan

1. Beban Gravitasi
 - Beban Mati (PPIUG 1983)

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m^3
- Adukan finishing : 21 kg/m^3
- Tegel : 24 kg/m^3
- Dinding setengah bata : 250 kg/m^3
- Plafond : 11 kg/m^3
- Penggantung : 7 kg/m^3
- Plumbing +ducting : 25 kg/m^3
- Beban Hidup
 - Lantai atap : 100 kg/m^3
 - Lantai : 250 kg/m^3
- 2. Beban Angin
 - Jauh dari pantai : 30 kg/m^3
- 3. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 03-1726-2012

4.1.3 PERENCANAAN BALOK

Penentuan tinggi balok minimum (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 9.5.2.1 (tabel 9.5(a) . Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung)

$$h_{\min} = \frac{L}{16}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h$$

Dimana :

L = panjang balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

b = lebar balok (cm)

Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Dimensi Balok

- Balok Induk Melintang, bentang $\lambda = 800$ m

$$\begin{aligned} h &= \frac{L}{16} x \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \\ &= \frac{800}{16} x \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \\ &= 48,57 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi **balok induk melintang 40 / 60**

- Balok Induk Memanjang, bentang $\lambda = 800$ m

$$\begin{aligned} h &= \frac{\lambda}{16} x \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \\ &= \frac{800}{16} x \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \\ &= 48,57 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi **balok induk memanjang 40 / 60**

- Balok Anak

Dimensi balok anak diambil kurang lebih $\frac{2}{3}$ dari dimensi balok induk dengan bentang yang sama. Dimana untuk bentang 800 cm, dimensi balok induk yang bersangkutan adalah 40/60 cm.

$$h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 40 = 26,67 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Jadi untuk balok anak direncanakan **30/40 cm**.

Kesimpulan :

1. Balok Induk Melintang, 8 m direncanakan dimensi 40 / 60
2. Balok Induk Memanjang, 8 m direncanakan dimensi 40 / 60
3. Balok Anak direncanakan dimensi 30/40

4.1.4 PERENCANAAN TEBAL PELAT

4.1.4.1 Peraturan Perencanaan Pelat

Perencanaan ini menggunakan perhitungan yang dibagi dalam dua jenis yaitu :

1. Pelat satu arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya lebih dari atau sama dengan 2. Pada pelat satu arah, pembebanan yang diterima akan diteruskan pada balok-balok (pemikul bagian yang lebih panjang) dan hanya sebagian kecil saja yang akan diteruskan pada gelagar pemikul bagian yang lebih pendek.
2. Pelat dua arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya kurang dari 2, sehingga besar pembebanan yang diterima diteruskan pada keseluruhan pemikul di sekeliling panel pelat tersebut.

Pemodelan struktur yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen, dimana pelat difokuskan hanya menerima beban gravitasi. Tumpuan pada sisi pelat diasumsikan sebagai perletakan jepit elastis.

Perhitungan dimensi plat berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3* bagi tebal plat sebagai berikut :

- a) Untuk $\alpha_m \leq 0,2$ menggunakan pasal 9.5(3(2))

b) Untuk $0,2 < \alpha_m < 2$ ketebalan minimum plat harus

$$\text{memenuhi } h_1 = \frac{L_n \times \left[0.8 + \frac{fy}{1400} \right]}{36 + 5\beta[\alpha_m - 0.2]} \text{ dan tidak boleh}$$

kurang dari 125 mm

c) Untuk $\alpha_m \geq 2$ ketebalan minimum plat harus

$$\text{memenuhi } h_2 = \frac{L_n \times \left(0.8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \text{ dan tidak boleh}$$

kurang dari 90 mm

L_n = Panjang bentang bersih

S_n = Lebar bentang bersih

f_y = Tegangan Leleh Baja

β = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah

α_m = Nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi – tepi dari suatu panel

Harga α_m didapat dari:

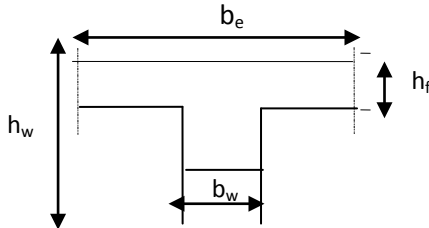
$$\alpha = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{plat} I_{plat}} \quad I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} \quad I_{plat} = Ly \times \frac{hf^3}{12}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{h_f}{h_w} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w} \right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{h_f}{h_w} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{h_f}{h_w} \right)}$$

Perumusan untuk mencari lebar flens pada balok :

Balok Tengah :



Nilai b_e :

$$b_e = 1/4 L_b$$

$$b_e = b_w + 8 h_f$$

dari kedua nilai b_e tersebut diambil yang terkecil.

4.1.4.2 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai

Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dengan 2 tipe pelat dengan spesifikasi sebagai berikut

- Mutu beton : 35 MPa
- Mutu baja : 400 MPa
- Rencana tebal pelat lantai dan atap: 12,5 cm

4.1.4.3 Perhitungan lebar efektif pelat

(Semua jenis Pelat Lantai dan Atap sama untuk semua sisi)

$\beta > 2$ tulangan satu arah

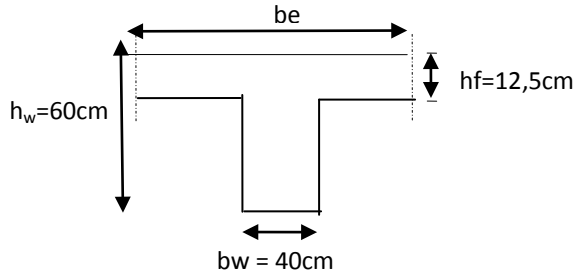
β = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 1 arah.

$$L_n = 800 \text{ cm} - \left(\frac{30}{2} + \frac{40}{2} \right) = 765 \text{ cm}$$

$$S_n = 400 \text{ cm} - \left(\frac{40}{2} + \frac{30}{2} \right) = 365 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_{yn}}{L_{xn}} = \frac{765}{365} = 2,09589 > 2 \quad (\text{Pelat 1 arah})$$

Balok induk Memanjang (40 x 60), $L_y = 400$ cm



- $be = \frac{1}{4} L_y = \frac{1}{4} (765) = 91,25 \text{ cm}$
- $be = bw + 8 h_f$
 $= 40 + (8 \times 12,5)$
 $= 140 \text{ cm}$

Dipakai $be = 91,25 \text{ cm}$.

$K =$

$$\frac{1 + \left(\frac{91,25}{40} - 1 \right) x \left(\frac{12,5}{60} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12,5}{60} \right) + 4 \left(\frac{12,5}{60} \right)^2 + \left(\frac{91}{40} - 1 \right) x \left(\frac{12,5}{60} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{91,3}{40} - 1 \right) x \left(\frac{12,5}{60} \right)} = 1,41$$

$$I_{\text{balok}} = K \cdot bw \cdot \frac{h_w^3}{12} = 1,41 \times 40 \times \frac{60^3}{12} = 1013561 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{plat}} = L_y \cdot \frac{h_f^3}{12} = 800 \times \frac{12,5^3}{12} = 130208 \text{ cm}^4$$

Karena $E_c \text{ balok} = E_c \text{ plat}$

$$\alpha = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{plat}}} = \frac{1013561}{130208} = 7,78415$$

Dengan cara yang sama untuk balok induk melintang dan balok anak melintang maka didapat nilai α sebagai berikut

Balok induk memanjang = 7,78415

Balok induk melintang = 18,4303

Balok anak melintang = 4,486

Balok anak memanjang = 2,243

$$\text{Jadi } \alpha_m = \frac{1}{4} \times (7,78415 + 18,4303 + 4,486 + 2,243) = 8,24 > 2$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5(3(3)) yang mana $\alpha_m \geq 2$ maka ketebalan plat minimum adalah

$$h = \frac{765 \left(0.8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9 \times 2,09589} = 15 \text{ cm} > 9 \text{ cm}$$

Untuk faktor kenyamanan gunakan tebal pelat lantai 15 cm. Tebal rencana pelat 15 cm memenuhi persyaratan tebal minimum.

4.1.4.4 Perencanaan Pelat Atap

Pelat atap yang direncanakan memiliki ukuran yang sama dengan pelat lantaimaka dengan cara yang sama didapat ketebalan pelat atap direncanakan sama yaitu 15 cm.

4.1.5 PERENCANAAN KOLOM

Menurut SNI 03-2847-2013 kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

Koefisien Reduksi untuk beban hidup (PPIUG tabel 3.3) = 0,8. Jadi, total beban untuk beban hidup : $LL = 0,8 \times WL_{total} = 76800 \text{ Kg}$.

$$\begin{aligned} \text{Jadi Berat Total : } W &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 498178 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Mutu Beton} = 35 \text{ MPa} = 350 \text{ Kg/cm}^2 \quad (1 \text{ Mpa} = 10 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$\text{Dimensi : } A = 3 * \frac{P}{f_c'} = 3 * \frac{498178}{350} = 4270,0971 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dimensi : } b^2 = 4270,0971 \text{ cm}^2$$

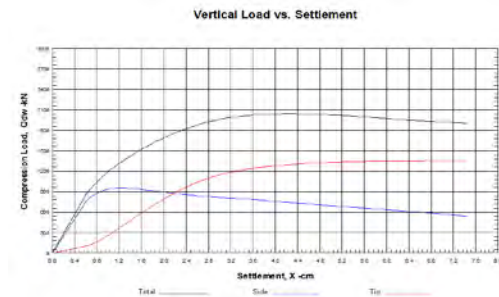
$$b = 65,34598 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

Jadi Dimensi Kolom yang digunakan 70/70 cm.

4.2 HASIL PERHITUNGAN PONDASI DAN STRUKTUR

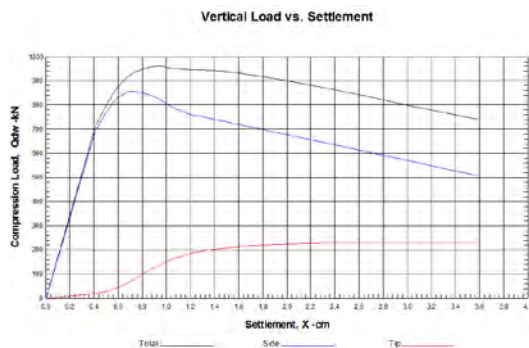
4.2.1. $Q_{ultimate}$ Satu Tiang Pancang Diameter 60 cm

Untuk memperoleh jumlah tiang pancang dilakukan perhitungan daya dukung tanah pada satu tiang pancang. Diameter yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah diameter 60 cm. Perhitungan nilai daya dukung satu tiang pancang menggunakan software *allpile*. Dalam *allpile* didapatkan hasil $Q_{ultimate}$ dari satu tiang pancang untuk tumpuan *end bearing* dan *friction*. Di bawah ini adalah grafik $Q_{ultimate}$ dari satu tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.1 Grafik $Q_{ultimate}$ *End Bearing* Satu Tiang Pancang

Grafik di atas adalah grafik $Q_{ultimate}$ satu tiang pancang tumpuan end bearing dengan kedalaman tiang pancang 39 m. Dapat dilihat bahwa daya dukung ujung tiang (Q_{tip}) lebih besar dari daya dukung selimut (Q_{side}). Hasil $Q_{ultimate}$ dari tiang pancang ini sebesar 2041,9 kN.



Gambar 4.2 Grafik $Q_{ultimate}$ *Friction* Satu Tiang Pancang

Grafik di atas adalah grafik $Q_{ultimate}$ satu tiang pancang tumpuan end bearing dengan kedalaman tiang pancang 36 m. Dapat dilihat bahwa daya dukung ujung tiang (Q_{tip}) lebih kecil dari daya dukung selimut (Q_{side}). Hasil $Q_{ultimate}$ dari tiang pancang ini sebesar 960,8 kN.

Kesimpulan dari perhitungan daya dukung satu tiang pancang adalah:

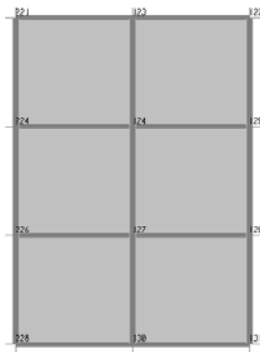
1. Perhitungan pondasi dengan menggunakan metode konvensional dan metode $p-y$ curve yang menumpu tanah keras (*end bearing*) pada tiang pancang dengan diameter 60 cm diletakkan sedalam 39 meter dengan $Q_{ultimate}$ sebesar 2041,9 kN.
2. Perhitungan pondasi dengan menggunakan metode konvensional dan metode $p-y$ curve yang menggunakan gesekan selimut tiang (*friction*) diletakkan sedalam 36 meter dengan diameter 60 cm dengan $Q_{ultimate}$ sebesar 960,8 kN.

4.2.2. Hasil Perhitungan Jumlah Tiang Pancang pada Tiap Perletakan *End Bearing* dan *Friction*

Setelah dilakukan perhitungan daya dukung satu tiang pancang pada tanah dasar maka dapat dihitung jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu grup pada tiap titik perletakan struktur gedung dengan metode yang ada.



Gambar 4.3 Struktur Gedung Tampak 3 Dimensi



Gambar 4.4 Titik Perletakan Gedung

Hasil perhitungan jumlah tiang pancang pada setiap perletakan struktur gedung dapat dilihat sebagai berikut.

Di bawah ini adalah tabel perbandingan jumlah tiang pancang diameter 60 cm pada perhitungan kedua tumpuan yaitu *end bearing* dan *friction* dengan metode konvensional dan metode *p-y curve* yang kedalamannya telah disebutkan dalam sub bab sebelumnya.

Tabel 4.2 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan

Joint	End Bearing				Friction			
	Konv.	<i>p-y curve</i>			Konv.	<i>p-y curve</i>		
		0,3 Qult	0,6 Qult	0,9 Qult		0,3 Qult	0,6 Qult	0,9 Qult
122	6	6	3	2	12	12	6	4
123	8	8	4	3	20	18	8	6
124	15	15	8	6	32	32	15	10
125	10	10	4	3	24	20	10	6
127	15	15	8	6	32	32	15	10
128	10	10	4	3	24	20	10	6
130	8	8	4	3	20	18	8	6
131	6	6	3	2	12	12	6	4
221	4	4	2	1	8	8	4	4
224	8	6	3	2	15	15	8	4
226	8	6	3	2	15	15	8	4
228	4	4	2	1	8	8	4	4
Total	102	98	48	34	222	210	102	68

Pada tiang pancang tumpuan *end bearing* metode *p-y curve* terdapat perletakan dengan satu tiang pancang, namun dalam pelaksanaan di lapangan dipasang dua tiang pancang.

Tabel 4.3 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan dalam Pelaksanaan

Joint	End Bearing				Friction			
	Konv.	<i>p-y curve</i>			Konv.	<i>p-y curve</i>		
		0,3 Qult	0,6 Qult	0,9 Qult		0,3 Qult	0,6 Qult	0,9 Qult
122	6	6	3	2	12	12	6	4
123	8	8	4	3	20	18	8	6
124	15	15	8	6	32	32	15	10
125	10	10	4	3	24	20	10	6
127	15	15	8	6	32	32	15	10
128	10	10	4	3	24	20	10	6
130	8	8	4	3	20	18	8	6
131	6	6	3	2	12	12	6	4
221	4	4	2	2	8	8	4	4
224	8	6	3	2	15	15	8	4
226	8	6	3	2	15	15	8	4
228	4	4	2	2	8	8	4	4
Total	102	98	48	36	222	210	102	68

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa perhitungan pondasi dengan menggunakan metode *p-y curve* yang menumpu pada tanah keras (*end bearing*) membutuhkan jumlah tiang lebih sedikit dibandingkan dengan perhitungan yang lain.

Kesimpulan dari perhitungan perbandingan jumlah tiang pancang pada tumpuan *end bearing* dan *friction* adalah:

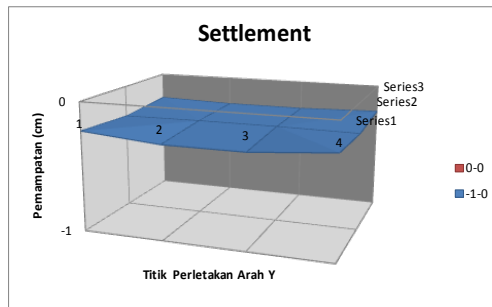
1. Pada tiang pancang dengan diameter 60 cm didapatkan jumlah tiang paling sedikit ada pada perhitungan dengan metode *p-y curve* yang menumpu pada tanah keras (*end bearing*).

4.2.3 Hasil Perhitungan Penurunan Tanah pada Metode *p-y curve*

Untuk memperoleh jumlah tiang pancang yang sebenarnya pada metode *p-y curve* yang dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung pemampatan tanah yang terjadi di bawah struktur gedung. Pemampatan tersebut harus merata agar tidak terjadi perbedaan penurunan tanah yang besar di setiap titik perletakan. Untuk itu harus dilakukan beberapa kali iterasi agar menghasilkan pemampatan yang merata dengan syarat perbedaan penurunan yang ada pada tabel 6.1 (NAFVAC,DM7) dan jumlah tiang yang dibutuhkan untuk menopang struktur tidak berubah. Hasil dari perhitungan pemampatan merata di tanah bawah struktur setiap metode adalah sebagai berikut.

4.2.3.1 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm *End Bearing Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

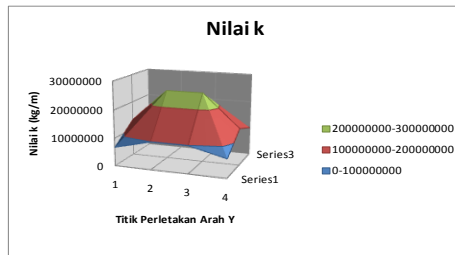
Gambar 4.5 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.5 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang terjadi di bawah setiap perletakan struktur terjadi hampir merata. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik yang seluruhnya berwarna sama.

Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur.

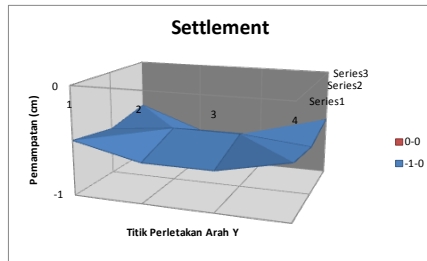


Gambar 4.6 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

Dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa nilai k terbesar terjadi di titik perletakan di tengah struktur. Hal ini dikarenakan beban terbesar terjadi di titik perletakan struktur tersebut sehingga menghasilkan nilai k yang besar.

4.2.3.2 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm *End Bearing Pile* dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$

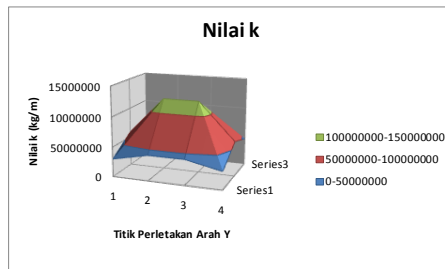
Gambar 4.7 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.7 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan P_{ijin} 0,6ultimate

Pada gambar 4.7 dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang terjadi di bawah setiap perletakan struktur terjadi hampir merata. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik yang seluruhnya berwarna sama.

Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur.

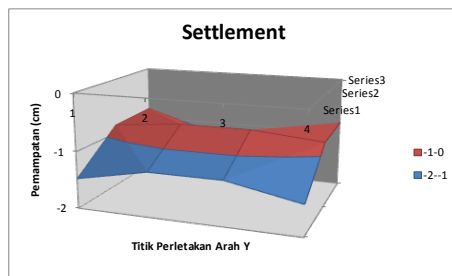


Gambar 4.8 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan P_{ijin} 0,6ultimate

Dari gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai k terbesar terjadi di titik perletakan di tengah struktur. Hal ini dikarenakan beban terbesar terjadi di titik perletakan struktur tersebut sehingga menghasilkan nilai k yang besar.

4.2.3.3 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm *End Bearing Pile* dengan P_{ijin} 0,9 $ultimate$

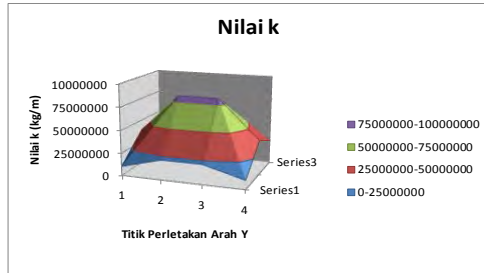
Gambar 4.9 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.9 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan P_{ijin} 0,9 $ultimate$

Pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang terjadi di bawah setiap perletakan struktur terjadi hampir merata. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik yang hampir seluruhnya berwarna sama.

Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur.

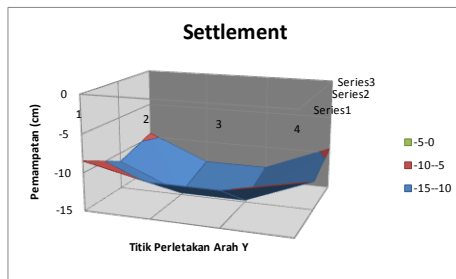


Gambar 4.10 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$

Dari gambar 4.10 dapat dilihat bahwa nilai k terbesar terjadi di titik perletakan di tengah struktur. Hal ini dikarenakan beban terbesar terjadi di titik perletakan struktur tersebut sehingga menghasilkan nilai k yang besar.

4.2.3.4 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

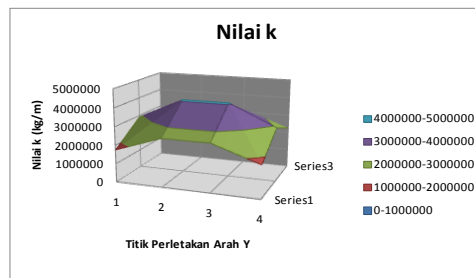
Gambar 4.11 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.11 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

Pada gambar 4.11 dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang terjadi di bawah setiap perletakan struktur terjadi hampir merata. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik yang hampir seluruhnya berwarna sama.

Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur.

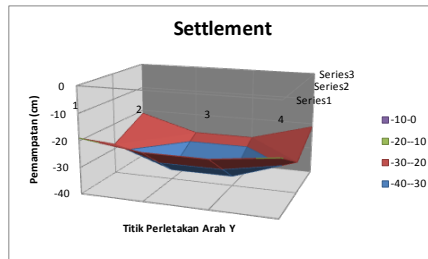


Gambar 4.12 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

Dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa nilai k terbesar terjadi di titik perletakan di tengah struktur. Hal ini dikarenakan beban terbesar terjadi di titik perletakan struktur tersebut sehingga menghasilkan nilai k yang besar.

4.2.3.5 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$

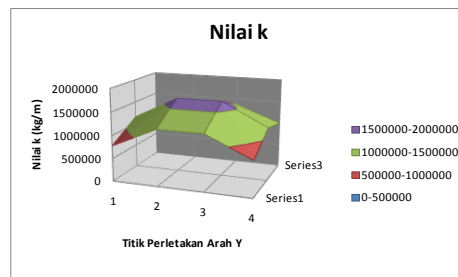
Gambar 4.13 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.13 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$

Pada gambar 4.13 dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang terjadi di bawah setiap perletakan struktur terjadi hampir merata. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik yang hampir seluruhnya berwarna sama.

Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur.

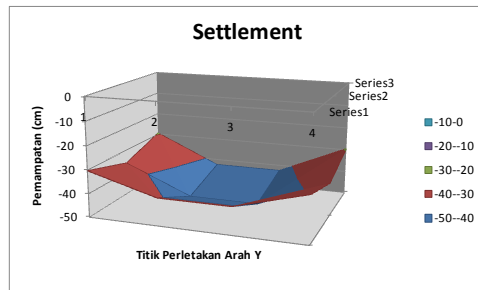


Gambar 4.14 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

Dari gambar 4.14 dapat dilihat bahwa nilai k terbesar terjadi di titik perletakan di tengah struktur. Hal ini dikarenakan beban terbesar terjadi di titik perletakan struktur tersebut sehingga menghasilkan nilai k yang besar.

4.2.3.6 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm *Friction Pile* dengan P_{ijin} 0,9 $ultimate$

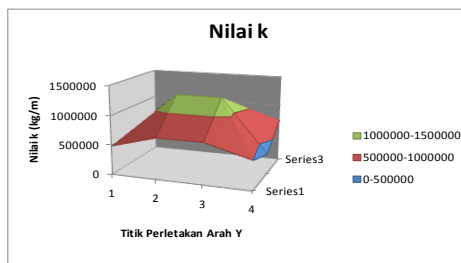
Gambar 4.15 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.15 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan P_{ijin} 0,9 $ultimate$

Pada gambar 4.15 dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang terjadi di bawah setiap perletakan struktur terjadi hampir merata. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik yang hampir seluruhnya berwarna sama.

Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur.



Gambar 4.16 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan P_{ijin} 0,9 $ultimate$

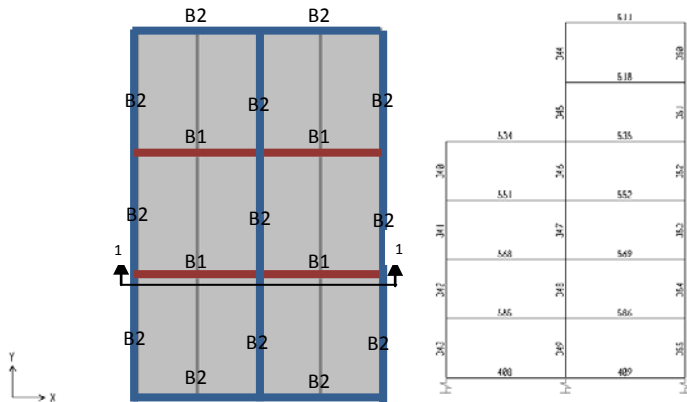
Dari gambar 4.16 dapat dilihat bahwa nilai k terbesar terjadi di titik perletakan di tengah struktur. Hal ini dikarenakan beban terbesar terjadi di titik perletakan struktur tersebut sehingga menghasilkan nilai k yang besar.

Kesimpulan dari Hasil Perhitungan Penurunan Tanah pada Metode *p-y curve* :

1. Penurunan tanah yang terjadi di semua titik perletakan di bawah struktur terjadi hampir merata. Hal ini dibuktikan dari warna grafik yang sama merata. Warna grafik yang sama menunjukkan hasil pemampatan yang hampir sama.
2. Nilai koefisien pegas (k) pada perletakan yang paling besar terletak di perletakan struktur bagian tengah. Karena pada titik tersebut terdapat beban yang paling besar. Sedangkan nilai (k) paling kecil terdapat pada titik-titik perletakan ujung struktur.

4.2.4. Hasil Perhitungan Perbandingan Nilai Jumlah Tulangan, Lebar Retak, dan Defleksi yang Terjadi pada Balok Struktur Gedung

Perhitungan perbandingan jumlah tulangan, lebar retak, dan defleksi yang terjadi pada balok ditentukan dari momen yang terjadi. Perhitungan momen didapat dari analisa perhitungan dengan menggunakan *software* SAP2000. Momen ini dihitung setelah memasukkan koefisien pegas (k) pada setiap titik perletakan di bawah struktur gedung. Berikut ini adalah portal struktur yang memiliki momen balok paling besar.



Gambar 4.17 Letak Balok-Balok Gedung yang Ditinjau Tampak Atas dan Tampak Depan Pot 1-1

Pada Gambar 4. 17 tampak atas terdapat notasi B1, dimana notasi tersebut adalah balok-balok induk pada portal yang ditinjau sebanyak balok pada tampak depan. Perhitungan hanya dilakukan pada balok-balok bernotasi B1, hal ini dikarenakan balok-balok induk yang terdapat pada notasi B2 tidak mengalami momen yang besar.

4.2.4.1 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada *End Bearing Pile* dan *Friction Pile*

Kebutuhan banyak tulangan pada balok ditentukan oleh besarnya momen yang terjadi pada setiap balok pada gedung tersebut. Semakin besar momen yang dihasilkan maka semakin banyak tulangan yang dibutuhkan. Besarnya momen yang terjadi dapat dipengaruhi oleh jenis perletakan yang dipakai. Pada metode konvensional perletakan yang dipakai adalah perletakan jepit sedangkan pada metode *p-y curve* perletakan yang dipakai adalah perletakan pegas. Dalam tabel di bawah dapat dilihat jumlah tulangan yang dibutuhkan setiap balok sesuai dengan variasi diameter tiang pancang yang digunakan.

4.2.4.1.1 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel perbandingan tulangan pada setiap momen yang terdapat pada masing-masing balok yaitu kedua momen tumpuan pada ujung balok dan momen lapangan. Momen tersebut dihasilkan dari perhitungan tiang pancang dengan tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode konvensional dan metode *p-y curve*. Pada metode *p-y curve* digunakan P_{ijin} sebesar 0,3 dari *ultimate*.

Tabel 4.4 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Konv.	0,3ult	Konv.	0,3ult
408	tumpuan	6	6	6	8
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	6	6	6	4

Lanjutan tabel 4.4

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Konv.	0,3ult	Konv.	0,3ult
409	tumpuan	6	6	6	6
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	6	6	8
511	tumpuan	6	6	6	6
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	6	6	8
518	tumpuan	8	8	8	8
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	8	8	10
534	tumpuan	6	8	6	10
534	lapangan	6	8	6	8
534	tumpuan	6	8	6	4
535	tumpuan	8	8	8	8
535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	8	8	10
551	tumpuan	8	10	8	12
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	8	8	6
552	tumpuan	8	8	8	6
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	8	10
568	tumpuan	8	8	8	10
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	8	8	6
569	tumpuan	8	8	8	6

Lanjutan tabel 4.4

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Konv.	0,3ult	Konv.	0,3ult
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	8	10
585	tumpuan	8	8	8	10
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	8	10	8	6
586	tumpuan	8	8	8	6
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	8	8	10

Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa balok yang membutuhkan lebih sedikit tulangan adalah balok-balok yang dihitung dengan menggunakan metode konvensional perletakan jepit dibandingkan dengan balok yang dihitung dengan menggunakan metode *p-y curve* perletakan pegas.

4.2.4.1.2 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel perbandingan tulangan pada setiap momen yang terdapat pada masing-masing balok yaitu kedua momen tumpuan pada ujung balok dan momen lapangan. Momen tersebut dihasilkan dari perhitungan tiang pancang dengan tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode konvensional dan metode *p-y curve*. Pada metode *p-y curve* digunakan P_{ijin} sebesar 0,6 dari *ultimate*.

Tabel 4.5 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan p - y curve dengan P_{ijin} sebesar 0,6 $ultimate$

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Konv.	0,6ult	Konv.	0,6ult
408	tumpuan	6	6	6	10
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	6	8	6	2
409	tumpuan	6	8	6	2
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	6	6	10
511	tumpuan	6	6	6	6
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	6	6	8
518	tumpuan	8	8	8	8
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	8	8	10
534	tumpuan	6	6	6	12
534	lapangan	6	8	6	8
534	tumpuan	6	8	6	2
535	tumpuan	8	8	8	6
535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	8	8	12
551	tumpuan	8	8	8	14
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	8	8	4
552	tumpuan	8	8	8	4
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	8	14

Lanjutan Tabel 4.5

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Konv.	0,6ult	Konv.	0,6ult
568	tumpuan	8	8	8	14
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	8	8	4
569	tumpuan	8	8	8	4
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	8	12
585	tumpuan	8	8	8	14
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	8	10	8	4
586	tumpuan	8	10	8	4
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	8	8	14

Dari tabel 4.5 dapat dilihat bahwa balok yang membutuhkan lebih sedikit tulangan adalah balok-balok yang dihitung dengan menggunakan metode konvensional perletakan jepit dibandingkan dengan balok yang dihitung dengan menggunakan metode *p-y curve* perletakan pegas.

4.2.4.1.3 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel perbandingan tulangan pada setiap momen yang terdapat pada masing-masing balok yaitu kedua momen tumpuan pada ujung balok dan momen lapangan. Momen tersebut dihasilkan dari perhitungan tiang pancang dengan tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode

konvensional dan metode *p-y curve*. Pada metode *p-y curve* digunakan P_{ijin} sebesar 0,9 dari *ultimate*.

Tabel 4.6 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Konv.	0,9ult	Konv.	0,9ult
408	tumpuan	6	6	6	8
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	6	8	6	4
409	tumpuan	6	8	6	4
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	6	6	10
511	tumpuan	6	6	6	6
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	6	6	8
518	tumpuan	8	8	8	8
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	8	8	10
534	tumpuan	6	6	6	10
534	lapangan	6	8	6	8
534	tumpuan	6	8	6	4
535	tumpuan	8	10	8	6
535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	8	8	12
551	tumpuan	8	8	8	12
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	8	8	6
552	tumpuan	8	10	8	4

Lanjutan Tabel 4.6

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Konv.	0,9ult	Konv.	0,9ult
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	8	12
568	tumpuan	8	8	8	10
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	10	8	6
569	tumpuan	8	10	8	6
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	8	12
585	tumpuan	8	8	8	10
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	8	10	8	6
586	tumpuan	8	10	8	6
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	8	8	12

Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa balok yang membutuhkan lebih sedikit tulangan adalah balok-balok yang dihitung dengan menggunakan metode konvensional perletakan jepit dibandingkan dengan balok yang dihitung dengan menggunakan metode *p-y curve* perletakan pegas.

Kesimpulan dari perbandingan kebutuhan jumlah tulangan balok pada variasi metode di atas yaitu :

1. Jumlah kebutuhan tulangan paling sedikit terdapat pada perhitungan struktur gedung dengan metode konvensional dibandingkan dengan perhitungan dengan metode *p-y curve*.

4.2.4.2 Hasil Perhitungan Lebar Retak pada Balok

Telah dijelaskan dalam sub bab sebelumnya bahwa momen yang terjadi pada setiap balok dapat mempengaruhi banyaknya jumlah tulangan yang dibutuhkan. Selain itu besarnya momen dan jumlah tulangan ini berpengaruh pada besarnya lebar retak yang terjadi pada setiap balok tersebut. Syarat dari lebar retak yaitu kurang dari 0,3 mm untuk balok eksterior dan 0,4 mm untuk balok interior. Dalam perhitungan balok pada tugas akhir ini yang dihitung adalah balok interior pada struktur gedung. Dalam tabel di bawah ini dapat dilihat perbedaan lebar retak yang terjadi pada setiap balok di masing-masing variasi diameter tiang pancang yang digunakan.

4.2.4.2.1 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Tabel di bawah ini adalah tabel perbandingan lebar retak balok pada setiap momen tumpuan dan lapangan yang terjadi pada jika menggunakan tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* dan *friction*. Pada tumpuan *end bearing* digunakan metode konvensional dengan perletakan jepit, sedangkan pada tumpuan *friction* digunakan metode *p-y curve* dimana P_{ijin} sebesar 0,3 dari *ultimate* dengan perletakan pegas. Pada perhitungan lebar retak, jumlah tulangan dapat mempengaruhi besarnya lebar retak. Jumlah tulangan tersebut telah didapat dari sub bab sebelumnya.

Tabel 4.7 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame		End Bearing				Friction			
		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,3ult		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,3ult	
408	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	8	0,219
408	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
408	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	4	0,276
409	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
409	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
409	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	8	0,219
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
511	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	8	0,219
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
518	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
534	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	10	0,203
534	lapangan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	8	0,219
534	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	4	0,276
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
535	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
551	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	12	0,191
551	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
551	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,241
552	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,241
552	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219

Lanjutan Tabel 4.7

Frame		End Bearing				Friction			
		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,3ult		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,3ult	
552	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
568	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,241
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,241
569	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
585	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
585	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
585	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	6	0,241
586	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,241
586	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
586	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203

Dari tabel 4.7 dapat dilihat bahwa semakin banyak tulangan yang dibutuhkan maka semakin kecil lebar retak yang terjadi pada balok. Misalnya saja pada balok nomor 408, balok pada tumpuan pegas yang dihitung menggunakan metode *p-y curve* membutuhkan lebih banyak tulangan dari 6 buah menjadi 8 buah. Maka lebar retak yang terjadi lebih kecil yaitu 0,219 mm dan masih memenuhi syarat lebar retak pada beton interior yaitu kurang dari 0,4 mm.

4.2.4.2.2 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Tabel di bawah ini adalah tabel perbandingan lebar retak balok pada setiap momen tumpuan dan lapangan yang terjadi pada jika menggunakan tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* dan *friction*. Pada tumpuan *end bearing* digunakan metode konvensional dengan perletakan jepit, sedangkan pada tumpuan *friction* digunakan metode *p-y curve* dimana P_{ijin} sebesar 0,6 dari *ultimate* dengan perletakan pegas. Pada perhitungan lebar retak, jumlah tulangan dapat mempengaruhi besarnya lebar retak. Jumlah tulangan tersebut telah didapat dari sub bab sebelumnya.

Tabel 4.8 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame		<i>End Bearing</i>				<i>Friction</i>			
		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,6ult		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,6ult	
408	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	10	0,2034
408	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
408	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	2	0,3477
409	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	2	0,3477
409	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
409	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	10	0,2034
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,2411
511	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	8	0,2191
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
518	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191

Lanjutan Tabel 4.8

Frame		End Bearing				Friction			
		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,6ult		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,6ult	
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,2034
534	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	12	0,1914
534	lapangan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	8	0,2191
534	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	2	0,3477
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,2411
535	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,1914
551	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	14	0,1818
551	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
551	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	4	0,276
552	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	4	0,276
552	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
552	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	14	0,1818
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	14	0,1818
568	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	4	0,276
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	4	0,276
569	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,1914
585	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	14	0,1818
585	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
585	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	4	0,276
586	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	4	0,276
586	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
586	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	14	0,1818

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa semakin banyak tulangan yang dibutuhkan maka semakin kecil lebar retak yang terjadi pada balok. Misalnya saja pada balok nomor 408, balok pada tumpuan pegas yang dihitung menggunakan metode *p-y curve* membutuhkan lebih banyak tulangan dari 6 buah menjadi 10 buah. Maka lebar retak yang terjadi lebih kecil yaitu 0,2034 mm dan masih memenuhi syarat lebar retak pada beton interior yaitu kurang dari 0,4 mm.

4.2.4.2.3 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Tabel di bawah ini adalah tabel perbandingan lebar retak balok pada setiap momen tumpuan dan lapangan yang terjadi pada jika menggunakan tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* dan *friction*. Pada tumpuan *end bearing* digunakan metode konvensional dengan perletakan jepit, sedangkan pada tumpuan *friction* digunakan metode *p-y curve* dimana P_{ijin} sebesar 0,9 dari *ultimate* dengan perletakan pegas. Pada perhitungan lebar retak, jumlah tulangan dapat mempengaruhi besarnya lebar retak. Jumlah tulangan tersebut telah didapat dari sub bab sebelumnya.

Tabel 4.9 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame		End Bearing				Friction			
		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,9ult		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,9ult	
408	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	8	0,2191
408	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
408	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	4	0,276

Lanjutan Tabel 4.9

Frame		<i>End Bearing</i>				<i>Friction</i>			
		Konv.		<i>p-y curve</i> <i>0,9ult</i>		Konv.		<i>p-y curve</i> <i>0,9ult</i>	
409	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	4	0,276
409	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
409	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	10	0,2034
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,2411
511	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	8	0,2191
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
518	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,2034
534	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	10	0,2034
534	lapangan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	8	0,2191
534	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	4	0,276
535	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	6	0,2411
535	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,1914
551	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,1914
551	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
551	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,2411
552	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	4	0,276
552	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
552	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,1914
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,2034
568	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
568	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	6	0,2411

Lanjutan Tabel 4.9

Frame		End Bearing				Friction			
		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,9ult		Konv.		<i>p-y curve</i> 0,9ult	
569	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	6	0,2411
569	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,1914
585	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,2034
585	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
585	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	6	0,2411
586	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	6	0,2411
586	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,2191
586	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,1914

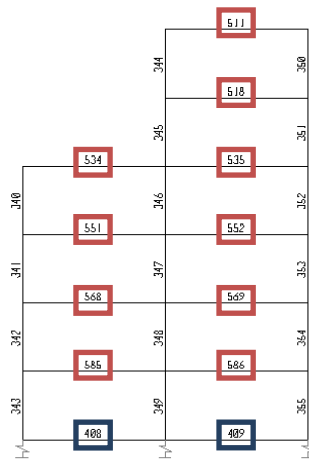
Dari tabel 4.9 dapat dilihat bahwa semakin banyak tulangan yang dibutuhkan maka semakin kecil lebar retak yang terjadi pada balok. Misalnya saja pada balok nomor 408, balok pada tumpuan pegas yang dihitung menggunakan metode *p-y curve* membutuhkan lebih banyak tulangan dari 6 buah menjadi 8 buah. Maka lebar retak yang terjadi lebih kecil yaitu 0,2191 mm dan masih memenuhi syarat lebar retak pada beton interior yaitu kurang dari 0,4 mm.

Kesimpulan dari perbandingan lebar retak balok pada variasi metode di atas yaitu :

1. Lebar retak pada balok paling kecil terjadi pada balok yang memiliki lebih banyak tulangan. Jumlah tulangan yang paling banyak terdapat pada balok dengan metode *p-y curve*. Sedangkan balok pada metode konvensional memiliki jumlah yang cenderung sama.

4.2.4.3 Hasil Defleksi Balok Metode *p-y curve*

Defleksi merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam suatu perencanaan gedung agar gedung tersebut bisa disebut suatu struktur yang layak. Apabila suatu gedung memiliki defleksi melebihi lendutan ijin maka struktur tersebut tidak layak. Pada balok yang berinteraksi langsung dengan pondasi *differential settlement* yang terjadi harus memenuhi syarat yaitu 0,002 rad sampai dengan 0,003 rad (NAVFAC, DM 7). Sedangkan syarat defleksi balok pada portal diatur dalam peraturan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1. Pada tugas akhir ini defleksi/lendutan yang diijinkan adalah $L/480$ atau 16,7 mm.



Gambar 4.18 Letak Balok-Balok Gedung yang Ditinjau dengan Persyaratan yang Ada

Ket :



: *Differential settlement* tanah di bawah struktur dihitung dengan persyaratan NAVFAC, DM 7 tabel 6.1



: Lendutan balok dihitung dengan persyaratan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1

Di bawah ini adalah perhitungan lendutan yang terjadi pada balok struktur gedung dengan menggunakan metode *p-y curve* pada setiap variasi tumpuan.

4.2.4.3.1 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Pada tabel 4.10 di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.10 *Differential Settlement* Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,003	rad
409	0,003	rad

Tabel 4.11 di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.11 Defleksi Balok dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,010	m
409	0,010	m

Lanjutan Tabel 4.11

Frame	Defleksi	Satuan
585	0,018	m
568	0,018	m
551	0,017	m
534	0,016	m
586	0,018	m
569	0,018	m
552	0,018	m
535	0,018	m
518	0,018	m
511	0,017	m

Dari tabel 4.10 dan tabel 4.11 dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

4.2.4.3.2 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Pada tabel 4.12 di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.12 *Differential Settlement* Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,003	rad
409	0,003	rad

Tabel 4.13 di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.13 Defleksi Balok dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,010	m
409	0,010	m
585	0,018	m
568	0,018	m
551	0,017	m
534	0,016	m
586	0,018	m
569	0,018	m
552	0,018	m
535	0,018	m
518	0,018	m
511	0,017	m

Dari tabel 4.12 dan tabel 4.13 dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

4.2.4.3.3 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Pada tabel 4.14 di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.14 *Differential Settlement* Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,003	rad
409	0,003	rad

Tabel 4.15 di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.15 Defleksi Balok dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,010	m
409	0,010	m
585	0,018	m
568	0,018	m
551	0,017	m
534	0,016	m
586	0,018	m
569	0,018	m
552	0,018	m
535	0,018	m
518	0,018	m
511	0,017	m

Dari tabel 4.14 dan tabel 4.15 dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

4.2.4.3.4 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Pada tabel 4.16 di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.16 *Differential Settlement* Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,003	rad
409	0,003	rad

Tabel 4.17 di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *friction* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.17 Defleksi Balok dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,011	m
409	0,011	m
585	0,018	m
568	0,018	m
551	0,017	m
534	0,017	m
586	0,018	m
569	0,018	m
552	0,018	m
535	0,018	m
518	0,018	m
511	0,017	m

Dari tabel 4.16 dan tabel 4.17 dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

4.2.4.3.5 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Pada tabel 4.18 di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.18 *Differential Settlement* Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,003	rad
409	0,003	rad

Tabel 4.19 di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *friction* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.19 Defleksi Balok dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,012	m
409	0,012	m
585	0,018	m
568	0,018	m
551	0,018	m
534	0,018	m
586	0,018	m
569	0,018	m
552	0,018	m
535	0,018	m
518	0,018	m
511	0,017	m

Dari tabel 4.18 dan tabel 4.19 dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

4.2.4.3.6 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Pada tabel 4.20 di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.20 *Differential Settlement* Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,003	rad
409	0,003	rad

Tabel 4.21 di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *friction* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.21 Defleksi Balok dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,011	m
409	0,011	m
585	0,017	m
568	0,018	m
551	0,017	m
534	0,017	m
586	0,017	m
569	0,018	m
552	0,018	m
535	0,018	m
518	0,018	m
511	0,017	m

Dari tabel 4.20 dan tabel 4.21 dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

Kesimpulan dari hasil perhitungan defleksi balok pada variasi metode di atas yaitu :

1. Nilai defleksi balok pada metode *p-y curve* hampir semua balok pada portal yang dihitung tidak memenuhi defleksi yang diijinkan yaitu 16,7 mm atau 0,0167 m.
2. Harus dilakukan perencanaan alternatif agar defleksi pada balok memenuhi defleksi yang diijinkan oleh peraturan.

4.3 PEMBESARAN BALOK MENJADI 60 CM X 90 CM

Pada sub bab 4.2 telah diketahui bahwa terjadi defleksi yang besar pada balok gedung dengan perhitungan perletakan pegas menggunakan metode *p-y curve* sehingga tidak memenuhi syarat yang diijinkan dalam peraturan agar struktur gedung tersebut layak. Untuk itu perlu adanya cara agar defleksi tersebut memenuhi syarat. Cara tersebut adalah dengan melakukan pembesaran dimensi pada balok. Pembesaran balok dilakukan terhadap balok yang memiliki defleksi melebihi persyaratan yang telah ditentukan dalam peraturan. Pada perhitungan preliminary desain digunakan balok dengan dimensi 40 cm x 60 cm. Tetapi balok dengan dimensi tersebut belum cukup mampu untuk memikul beban yang ada sehingga perlu dibesarkan untuk mencapai defleksi yang diijinkan. Pembesaran dimensi pada balok-balok tersebut menjadi 60 cm x 90 cm. Setelah dilakukan pembesaran dimensi balok yang dimasukkan dalam *SAP2000* maka dilakukan pengecekan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, jumlah tulangan, lebar retak, dan defleksi yang terjadi pada dimensi balok yang baru.

4.3.1. Jumlah Tiang Pancang yang Dibutuhkan Setelah Pembesaran Balok 60 cm x 90 cm

Tabel di bawah ini merupakan hasil perhitungan tiang pancang diameter 60 cm yang dibutuhkan setelah dilakukan pembesaran balok 60 cm x 90 cm.

Tabel 4.22 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan Setelah Pembesaran Dimensi Balok Menjadi 60 cm x 90 cm

Joint	End Bearing				Friction			
	Konv.	<i>p-y curve</i>			Konv.	<i>p-y curve</i>		
		0,3 Qult	0,6 Qult	0,9 Qult		0,3 Qult	0,6 Qult	0,9 Qult
122	6	6	3	2	12	15	8	6
123	8	8	4	3	20	18	8	6
124	15	15	8	6	32	32	15	10
125	10	10	6	3	24	24	10	6
127	15	15	8	6	32	32	15	10
128	10	10	6	3	24	24	10	6
130	8	8	4	3	20	18	8	6
131	6	6	3	2	12	15	8	6
221	4	4	2	2	8	10	6	4
224	8	8	3	2	15	18	8	4
226	8	8	3	2	15	18	8	4
228	4	4	2	2	8	10	6	4
Total	102	102	52	36	222	234	110	72

Dari tabel 4.22 dapat dilihat bahwa pada beberapa metode terdapat penambahan jumlah tiang pancang setelah dilakukan

pembesaran balok. Perhitungan jumlah tiang pada balok 40 cm x 60 cm dapat dilihat dalam sub bab sebelumnya.

4.3.2. Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan Setelah Pembesaran Balok 60 cm x 90 cm

Dimensi balok yang berubah menjadi lebih besar berakibat berubahnya jumlah tulangan yang dibutuhkan pada suatu balok. Di bawah ini merupakan hasil perbandingan jumlah tulangan yang dibutuhkan sebelum dan sesudah dilakukan pembesaran balok pada perhitungan pondasi tiang pancang menggunakan tumpuan *end bearing* dan *friction* dengan metode *p-y curve*.

4.3.2.1 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil perbandingan jumlah tulangan balok 40 cm x 60 cm dan 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*.

Tabel 4.23 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
408	tumpuan	6	4	8	6
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	6	4	4	2
409	tumpuan	6	4	6	4
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	4	8	6
511	tumpuan	6	4	6	4

Lanjutan Tabel 4.23

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	4	8	4
518	tumpuan	8	6	8	6
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	6	10	8
534	tumpuan	8	6	10	10
534	lapangan	8	8	8	8
534	tumpuan	8	6	4	4
535	tumpuan	8	6	8	2
535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	6	10	10
551	tumpuan	10	8	12	14
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	6	6	2
552	tumpuan	8	6	6	2
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	10	14
568	tumpuan	8	8	10	14
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	6	6	2
569	tumpuan	8	8	6	2
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	10	12
585	tumpuan	8	6	10	12
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	10	8	6	2

Lanjutan Tabel 4.23

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
586	tumpuan	8	8	6	2
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	6	10	12
Total		352	314	356	324

Dari tabel 4.23 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pembesaran dimensi balok, jumlah tulangan yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit.

4.3.2.2 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil perbandingan jumlah tulangan balok 40 cm x 60 cm dan 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Tabel 4.24 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
408	tumpuan	6	4	10	6
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	8	4	2	2
409	tumpuan	8	4	2	2
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	4	10	6
511	tumpuan	6	4	6	6

Lanjutan Tabel 4.24

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	4	8	4
518	tumpuan	8	6	8	6
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	6	10	6
534	tumpuan	6	6	12	10
534	lapangan	8	8	8	8
534	tumpuan	8	6	2	4
535	tumpuan	8	6	6	2
535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	6	12	10
551	tumpuan	8	8	14	14
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	6	4	2
552	tumpuan	8	6	4	2
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	14	14
568	tumpuan	8	6	14	14
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	8	4	2
569	tumpuan	8	8	4	2
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	12	14
585	tumpuan	8	6	14	14
585	lapangan	8	8	8	8

Lanjutan Tabel 4.24

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
585	tumpuan	10	8	4	2
586	tumpuan	10	8	4	2
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	6	14	12
Total		354	314	362	326

Dari tabel 4.24 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pembesaran dimensi balok, jumlah tulangan yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit.

4.3.2.3 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil perbandingan jumlah tulangan balok 40 cm x 60 cm dan 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Tabel 4.25 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
408	tumpuan	6	4	8	6
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	8	4	4	4
409	tumpuan	8	6	4	4
409	lapangan	4	4	4	4

Lanjutan Tabel 4.25

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
409	tumpuan	6	4	10	6
511	tumpuan	6	4	6	6
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	4	8	4
518	tumpuan	8	6	8	6
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	6	10	6
534	tumpuan	6	4	10	8
534	lapangan	8	6	8	8
534	tumpuan	8	6	4	2
535	tumpuan	10	8	6	4
535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	6	12	10
551	tumpuan	8	6	12	12
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	8	6	2
552	tumpuan	10	8	4	2
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	6	12	12
568	tumpuan	8	6	10	10
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	10	8	6	2
569	tumpuan	10	8	6	2
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	6	12	12

Lanjutan Tabel 4.25

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
585	tumpuan	8	6	10	10
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	10	8	6	2
586	tumpuan	10	10	6	2
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	6	12	10
Total		362	312	360	312

Dari tabel 4.25 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pembesaran dimensi balok, jumlah tulangan yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit.

4.3.3. Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok Setelah Pembesaran Dimensi 60 cm x 90 cm

Pada sub bab 4.3.2 telah dilakukan perhitungan jumlah tulangan akibat pembesaran dimensi balok. Pembesaran dimensi balok ini mengakibatkan jumlah tulangan menjadi lebih sedikit yang dapat memperbesar lebar balok, untuk itu dilakukan pengecekan lebar retak terhadap dimensi balok 60 cm x 90 cm.

4.3.3.1 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan lebar retak balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3_{ultimate}.

Tabel 4.26 Lebar Retak Balok Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		End Bearing		Friction	
		Jml. Tul.	Retak	Jml. Tul.	Retak
408	tumpuan	4	0,316	6	0,276
408	lapangan	4	0,316	4	0,316
408	tumpuan	4	0,316	2	0,398
409	tumpuan	4	0,316	4	0,316
409	lapangan	4	0,316	4	0,316
409	tumpuan	4	0,316	6	0,276
511	tumpuan	4	0,316	4	0,316
511	lapangan	8	0,251	8	0,251
511	tumpuan	4	0,316	4	0,316
518	tumpuan	6	0,276	6	0,276
518	lapangan	8	0,251	8	0,251
518	tumpuan	6	0,276	8	0,251
534	tumpuan	6	0,276	10	0,233
534	lapangan	8	0,251	8	0,251
534	tumpuan	6	0,276	4	0,316
535	tumpuan	6	0,276	2	0,398
535	lapangan	8	0,251	8	0,251
535	tumpuan	6	0,276	10	0,233
551	tumpuan	8	0,251	14	0,208
551	lapangan	8	0,251	8	0,251
551	tumpuan	6	0,276	2	0,398
552	tumpuan	6	0,276	2	0,398
552	lapangan	8	0,251	8	0,251
552	tumpuan	8	0,251	14	0,208

Lanjutan Tabel 4.26

Frame		End Bearing		Friction	
		Jml. Tul.	Retak	Jml. Tul.	Retak
568	tumpuan	8	0,251	14	0,208
568	lapangan	8	0,251	8	0,251
568	tumpuan	6	0,276	2	0,398
569	tumpuan	8	0,251	2	0,398
569	lapangan	8	0,251	8	0,251
569	tumpuan	8	0,251	12	0,219
585	tumpuan	6	0,276	12	0,219
585	lapangan	8	0,251	8	0,251
585	tumpuan	8	0,251	2	0,398
586	tumpuan	8	0,251	2	0,398
586	lapangan	8	0,251	8	0,251
586	tumpuan	6	0,276	12	0,219

Dari tabel 4.26 dapat dilihat bahwa semua lebar retak pada balok 60 cm x 90 cm memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,4 mm.

4.3.3.2 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan lebar retak balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Tabel 4.27 Lebar Retak Balok Metode $p-y$ curve dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		End Bearing		Friction	
		Jml. Tul.	Retak	Jml. Tul.	Retak
408	tumpuan	4	0,316	6	0,276
408	lapangan	4	0,316	4	0,316
408	tumpuan	4	0,316	2	0,398
409	tumpuan	4	0,316	2	0,398
409	lapangan	4	0,316	4	0,316
409	tumpuan	4	0,316	6	0,276
511	tumpuan	4	0,316	6	0,276
511	lapangan	8	0,251	8	0,251
511	tumpuan	4	0,316	4	0,316
518	tumpuan	6	0,276	6	0,276
518	lapangan	8	0,251	8	0,251
518	tumpuan	6	0,276	6	0,276
534	tumpuan	6	0,276	10	0,233
534	lapangan	8	0,251	8	0,251
534	tumpuan	6	0,276	4	0,316
535	tumpuan	6	0,276	2	0,398
535	lapangan	8	0,251	8	0,251
535	tumpuan	6	0,276	10	0,233
551	tumpuan	8	0,251	14	0,208
551	lapangan	8	0,251	8	0,251
551	tumpuan	6	0,276	2	0,398
552	tumpuan	6	0,276	2	0,398
552	lapangan	8	0,251	8	0,251
552	tumpuan	8	0,251	14	0,208

Lanjutan Tabel 4.27

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Jml. Tul.	Retak	Jml. Tul.	Retak
568	tumpuan	6	0,276	14	0,208
568	lapangan	8	0,251	8	0,251
568	tumpuan	8	0,251	2	0,398
569	tumpuan	8	0,251	2	0,398
569	lapangan	8	0,251	8	0,251
569	tumpuan	8	0,251	14	0,208
585	tumpuan	6	0,276	14	0,208
585	lapangan	8	0,251	8	0,251
585	tumpuan	8	0,251	2	0,398
586	tumpuan	8	0,251	2	0,398
586	lapangan	8	0,251	8	0,251
586	tumpuan	6	0,276	12	0,219

Dari tabel 4.27 dapat dilihat bahwa semua lebar retak pada balok 60 cm x 90 cm memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,4 mm.

4.3.3.3 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan lebar retak balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 $ultimate$.

Tabel 4.28 Lebar Retak Balok Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Jml. Tul.	Retak	Jml. Tul.	Retak
408	tumpuan	4	0,316	6	0,276
408	lapangan	4	0,316	4	0,316
408	tumpuan	4	0,316	4	0,316
409	tumpuan	6	0,276	4	0,316
409	lapangan	4	0,316	4	0,316
409	tumpuan	4	0,316	6	0,276
511	tumpuan	4	0,316	6	0,276
511	lapangan	8	0,251	8	0,251
511	tumpuan	4	0,316	4	0,316
518	tumpuan	6	0,276	6	0,276
518	lapangan	8	0,251	8	0,251
518	tumpuan	6	0,276	6	0,276
534	tumpuan	4	0,316	8	0,251
534	lapangan	6	0,276	8	0,251
534	tumpuan	6	0,276	2	0,398
535	tumpuan	8	0,251	4	0,316
535	lapangan	8	0,251	8	0,251
535	tumpuan	6	0,276	10	0,233
551	tumpuan	6	0,276	12	0,219
551	lapangan	8	0,251	8	0,251
551	tumpuan	8	0,251	2	0,398
552	tumpuan	8	0,251	2	0,398
552	lapangan	8	0,251	8	0,251

Lanjutan Tabel 4.28

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Jml. Tul.	Retak	Jml. Tul.	Retak
552	tumpuan	6	0,276	12	0,219
568	tumpuan	6	0,276	10	0,233
568	lapangan	8	0,251	8	0,251
568	tumpuan	8	0,251	2	0,398
569	tumpuan	8	0,251	2	0,398
569	lapangan	8	0,251	8	0,251
569	tumpuan	6	0,276	12	0,219
585	tumpuan	6	0,276	10	0,233
585	lapangan	8	0,251	8	0,251
585	tumpuan	8	0,251	2	0,398
586	tumpuan	10	0,233	2	0,398
586	lapangan	8	0,251	8	0,251
586	tumpuan	6	0,276	10	0,233

Dari tabel 4.28 dapat dilihat bahwa semua lebar retak pada balok 60 cm x 90 cm memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,4 mm.

4.3.4. Hasil Pengecekan Defleksi Balok Setelah Pembesaran Dimensi 60 cm x 90 cm

Pembesaran dimensi balok dapat mengubah defleksi yang ada pada suatu balok. Semakin besar dimensi suatu balok maka semakin kecil defleksi yang dihasilkan.

4.3.4.1 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *End Bearing* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar $0,3 ultimate$

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar $0,3 ultimate$.

Tabel 4.29 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar $0,3 ultimate$

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,010	m
409	0,010	m
585	0,006	m
568	0,006	m
551	0,006	m
534	0,006	m
586	0,006	m
569	0,006	m
552	0,006	m
535	0,006	m
518	0,007	m
511	0,007	m

Dari tabel 4.29 dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,0167 m.

4.3.4.2 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *End Bearing* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Tabel 4.30 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,010	m
409	0,010	m
585	0,006	m
568	0,006	m
551	0,006	m
534	0,006	m
586	0,006	m
569	0,006	m
552	0,006	m
535	0,006	m
518	0,007	m
511	0,007	m

Dari tabel 4.30 dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,0167 m.

4.3.4.3 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *End Bearing* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 $ultimate$.

Tabel 4.31 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,010	m
409	0,010	m
585	0,006	m
568	0,006	m
551	0,006	m
534	0,006	m
586	0,006	m
569	0,006	m
552	0,006	m
535	0,006	m
518	0,007	m
511	0,007	m

Dari tabel 4.31 dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,0167 m.

4.3.4.4 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *Friction* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Tabel 4.32 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,011	m
409	0,011	m
585	0,007	m
568	0,007	m
551	0,007	m
534	0,008	m
586	0,007	m
569	0,007	m
552	0,007	m
535	0,007	m
518	0,006	m
511	0,007	m

Dari tabel 4.32 dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,0167 m.

4.3.4.5 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *Friction* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Tabel 4.33 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,011	m
409	0,011	m
585	0,007	m
568	0,007	m
551	0,007	m
534	0,008	m
586	0,007	m
569	0,007	m
552	0,007	m
535	0,007	m
518	0,006	m
511	0,007	m

Dari tabel 4.33 dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,0167 m.

4.3.4.6 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *Friction* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Tabel 4.34 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,011	m
409	0,011	m
585	0,006	m
568	0,006	m
551	0,006	m
534	0,007	m
586	0,006	m
569	0,006	m
552	0,006	m
535	0,007	m
518	0,006	m
511	0,007	m

Dari tabel 4.34 dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,0167 m.

Kesimpulan dari hasil perhitungan jumlah tulangan, lebar retak, dan defleksi balok dimensi 60 cm x 90 cm yaitu :

1. Jumlah tulangan yang paling sedikit dibutuhkan terdapat pada balok dimensi 60 cm x 90 cm.
2. Lebar retak yang terjadi pada setiap balok gedung struktur memenuhi persyaratan yang diijinkan yaitu kurang dari 0,4 mm.
3. Defleksi yang terjadi pada setiap balok gedung struktur memenuhi persyaratan yang diijinkan yaitu kurang dari 0,0167 m.

4.4 PERHITUNGAN BIAYA BAHAN

Perhitungan biaya adalah hal penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan pembangunan. Untuk itu harus dilakukan beberapa perhitungan perencanaan agar biaya yang dikeluarkan untuk membangun suatu struktur dapat hemat dan efisien. Pada tugas akhir ini yang dihitung hanyalah biaya bahan saja. Di bawah ini adalah tabel perhitungan biaya bahan yang dikeluarkan dari perhitungan pondasi tiang pancang dan struktur gedung yang telah dibahas dalam sub bab sebelumnya berdasarkan biaya volume bahan.

4.4.1 End Bearing Konvensional

Tabel 4.35 Perhitungan Biaya Bahan Struktur Tumpuan *End Bearing* Metode Konvensional

STRUKTUR									
Elemen	dimensi			l	n	Vol	HSPK	Harga	
	(cm x cm)			(m)		(m3)	(Rp/m3)	(Rp)	
balok&sloof	40	x	60	8	105	201,6	Rp 1.974.066	Rp 397.971.649,15	
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp 1.974.066	Rp 247.626.803,92	
							Jumlah	Rp 645.598.453,07	
TIANG PANCANG									
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga	
	(cm)			(m)		(Rp/16m)	(Rp/m)	(Rp)	
Tiang pancang	60		102	39	249	Rp 6.700.000,00	Rp 76.800,00	Rp 1.973.810.400,00	
							Jumlah biaya	Rp 2.619.408.853,07	

4.4.2 Friction Konvensional

Tabel 4.36 Perhitungan Biaya Bahan Struktur Tumpuan *Friction* Metode Konvensional

STRUKTUR									
Elemen	dimensi			l	n	Vol	HSPK	Harga	
	(cm x cm)			(m)		(m3)	(Rp/m3)	(Rp)	
balok&sloof	40	x	60	8	105	201,6	Rp 1.974.066	Rp	397.971.649,15
Kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp 1.974.066	Rp	247.626.803,92
							Jumlah	Rp	645.598.453,07
TIANG PANCANG									
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga	
	(cm)			(m)		(Rp/16m)	(Rp/m)	(Rp)	
Tiang pancang	60		222	36	500	Rp 6.700.000,00	Rp 76.800,00	Rp	3.963.785.600,00
							Jumlah biaya	Rp 4.609.384.053,07	

4.4.3 End Bearing p - y curve 0,3 ultimate

Tabel 4.37 Perhitungan Biaya Bahan Struktur Tumpuan *End Bearing* Metode p - y curve 0,3 ultimate

STRUKTUR									
Elemen	dimensi			l	n	Vol	HSPK	Harga	
	(cm x cm)			(m)		(m3)	(Rp/m3)	(Rp)	
Sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp 1.974.066	Rp	64.433.505,10
Balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp 1.974.066	Rp	257.734.020,40
Balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp 1.974.066	Rp	170.559.278,21
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp 1.974.066	Rp	247.626.803,92
							Jumlah	Rp	740.353.607,63
TIANG PANCANG									
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga	
	(cm)			(m)		(Rp/16m)	(Rp/m)	(Rp)	
Tiang pancang	60		102	39	249	Rp 6.700.000,00	Rp 76.800,00	Rp	1.973.810.400,00
							Jumlah biaya		Rp 2.714.164.007,63

4.4.4 *End Bearing p-y curve 0,6 ultimate*

Tabel 4.38 Perhitungan Biaya Bahan Struktur Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve 0,6 ultimate*

STRUKTUR									
Elemen	dimensi			l	n	Vol	HSPK	Harga	
	(cm x cm)			(m)		(m3)	(Rp/m3)	(Rp)	
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp 1.974.066	Rp	64.433.505,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp 1.974.066	Rp	257.734.020,40
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp 1.974.066	Rp	170.559.278,21
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp 1.974.066	Rp	247.626.803,92
							Jumlah	Rp	740.353.607,63
TIANG PANCANG									
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga	
	(cm)			(m)		(Rp/16m)	(Rp/m)	(Rp)	
Tiang pancang	60		52	39	127	Rp 6.700.000,00	Rp 76.800,00	Rp	1.006.650.400,00
							Jumlah biaya	Rp 1.747.004.007,63	

4.4.5 End Bearing p-y curve 0,9 ultimate

Tabel 4.39 Perhitungan Biaya Bahan Struktur Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* 0,9 ultimate

STRUKTUR									
Elemen	dimensi			l	n	Vol	HSPK	Harga	
	(cm x cm)			(m)		(m3)	(Rp/m3)	(Rp)	
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp 1.974.066	Rp	64.433.505,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp 1.974.066	Rp	257.734.020,40
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp 1.974.066	Rp	170.559.278,21
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp 1.974.066	Rp	247.626.803,92
							Jumlah	Rp	740.353.607,63
TIANG PANCANG									
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga	
	(cm)			(m)		(Rp/16m)	(Rp/m)	(Rp)	
Tiang pancang	60		36	39	88	Rp 6.700.000,00	Rp 76.800,00	Rp	697.427.200,00
							Jumlah biaya	Rp 1.437.780.807,63	

4.4.6 Friction p-y curve 0,3 ultimate

Tabel 4.40 Perhitungan Biaya Bahan Struktur Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* 0,3 ultimate

STRUKTUR									
Elemen	dimensi			l	n	Vol	HSPK	Harga	
	(cm x cm)			(m)		(m3)	(Rp/m3)	(Rp)	
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp	1.974.066	Rp 64.433.505,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp	1.974.066	Rp 257.734.020,40
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp	1.974.066	Rp 170.559.278,21
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp	1.974.066	Rp 247.626.803,92
							Jumlah		Rp 740.353.607,63
TIANG PANCANG									
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga	
	(cm)			(m)		(Rp/16m)	(Rp/m)	(Rp)	
Tiang pancang	60		234	36	527	Rp 6.700.000,00	Rp 76.800,00	Rp	4.177.863.200,00
							Jumlah biaya		Rp 4.918.216.807,63

4.4.7 Friction p-y curve 0,6 ultimate

Tabel 4.41 Perhitungan Biaya Bahan Struktur Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve 0,6 ultimate*

STRUKTUR								
Elemen	dimensi			l	n	Vol	HSPK	Harga
	(cm x cm)			(m)		(m3)	(Rp/m3)	(Rp)
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp 1.974.066	Rp 64.433.505,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp 1.974.066	Rp 257.734.020,40
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp 1.974.066	Rp 170.559.278,21
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp 1.974.066	Rp 247.626.803,92
							Jumlah	Rp 740.353.607,63
TIANG PANCANG								
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga
	(cm)			(m)		(Rp/16m)	(Rp/m)	(Rp)
Tiang pancang	60		110	36	248	Rp 6.700.000,00	Rp 76.800,00	Rp 1.965.728.000,00
							Jumlah biaya	Rp 2.706.081.607,63

4.4.8 Friction p - y curve 0,9 ultimate

Tabel 4.42 Perhitungan Biaya Bahan Struktur Tumpuan *Friction* Metode p - y curve 0,9 ultimate

STRUKTUR									
Elemen	dimensi			l	n	Vol	HSPK		Harga
	(cm x cm)			(m)		(m3)	(Rp/m3)		(Rp)
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp	1.974.066	Rp 64.433.505,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp	1.974.066	Rp 257.734.020,40
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp	1.974.066	Rp 170.559.278,21
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp	1.974.066	Rp 247.626.803,92
							Jumlah		Rp 740.353.607,63
TIANG PANCANG									
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan		Harga
	(cm)			(m)		(Rp/16m)	(Rp/m)		(Rp)
Tiang pancang	60		72	36	162	Rp 6.700.000,00	Rp	76.800,00	Rp 1.284.465.600,00
							Jumlah biaya		Rp 2.024.819.207,63

Kesimpulan dari hasil perhitungan biaya bahan dari semua metode yaitu :

1. Perencanaan struktur gedung dan pondasi tiang pancang yang paling hemat menggunakan tiang pancang tumpuan *end bearing* metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate* yang membutuhkan biaya sebesar Rp 1.437.780.807,63

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Analisis Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Konvensional Dan Metode *P-Y Curve* Pada Lapisan Tanah Lunak yang Tebal : Studi Kasus Kota Banjarmasin Dengan Kedalaman Tanah Keras -40 Meter dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut :

1. Pada tiang pancang dengan diameter 60 cm didapatkan jumlah tiang paling sedikit ada pada perhitungan dengan metode *p-y curve* yang menumpu pada tanah keras (*end bearing*) dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*.
2. Balok yang membutuhkan lebih sedikit tulangan adalah balok-balok yang dihitung dengan menggunakan pondasi tiang pancang metode konvensional perletakan jepit dibandingkan dengan balok yang dihitung dengan menggunakan pondasi tiang pancang metode *p-y curve* perletakan pegas.
3. Lebar retak paling kecil terdapat pada balok-balok yang dihitung dengan menggunakan pondasi tiang pancang metode *p-y curve* perletakan pegas dibandingkan dengan balok yang dihitung dengan menggunakan pondasi tiang pancang metode konvensional perletakan jepit karena perletakan pegas membutuhkan lebih banyak tulangan sehingga menghasilkan lebar retak yang kecil.
4. Defleksi paling kecil terdapat pada balok-balok yang dihitung dengan menggunakan pondasi tiang pancang metode konvensional perletakan jepit dibandingkan dengan balok yang dihitung dengan menggunakan pondasi tiang pancang metode *p-y curve* perletakan pegas. Pada metode konvensional defleksi masih memenuhi syarat yaitu kurang dari 0,0167 m,

sedangkan pada metode *p-y curve* balok mengalami defleksi melebihi syarat yang diijinkan.

5. Dimensi baru balok notasi B1 pada Gambar 4.17 yang digunakan pada pondasi metode *p-y curve* sebesar 60 cm x 90 cm.
6. Perencanaan struktur gedung dan pondasi tiang pancang yang paling hemat menggunakan tiang pancang tumpuan *end bearing* metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*.

5.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini meliputi :

1. Perencanaan struktur bangunan gedung yang paling hemat yaitu menggunakan metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate* tumpuan *end bearing*.
2. Perencanaan pondasi tiang pancang disarankan menggunakan metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 – 0,9 *ultimate* tumpuan *end bearing*.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 2011. **Principles of Foundation Engineering**. United States of America: Cengage Learning.
- CivilTech Software. **AllPile Version 7 User's Manual Volume 1-2**. United States of America.
- NAVFAC DM-7. 1971. **Design Manual, Soil Mechanics, Foundation and Earth Structures**. USA: Dept. Of the Navy Naval Facilities Engineering Command
- Lastiasih, Yudhi. 2004. **Studi Perencanaan Sistem Struktur Gedung dengan Pondasi Dangkal yang Dapat Mengakibatkan Penurunan Konsolidasi Merata**. Tesis Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Kumalasari, Putu Tantri. 2008. **Analisa Pemodelan 3 Dimensi Sistem Struktur Gedung dengan Pondasi Dangkal di Atas Tanah Lunak yang Mengakibatkan Penurunan Konsolidasi Merata**. Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Edil, Tuncer B., and Mochtar, Indrasurya B., 1988. "Creep Response of Model Pile in Clay". **Journal of Geotechnical Engineering** 114(11):1245-1260
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)**. Jakarta: BSNI
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK-SNI 03-XXXX-2013)**. Jakarta: BSNI
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)**. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A (Data)

- 1. Lampiran Data Uji Bore Log**
- 2. Lampiran Data Uji Konsolidasi**

LAMPIRAN B (Contoh Perhitungan)

- 1. Lampiran *Output Allpile Q_{ult}* Satu Tiang Pancang Diameter 60 cm**
- 2. Lampiran Pembahasan Contoh Perhitungan pada Bab 4**

Perhitungan Q_{ult} Satu Tiang Pancang

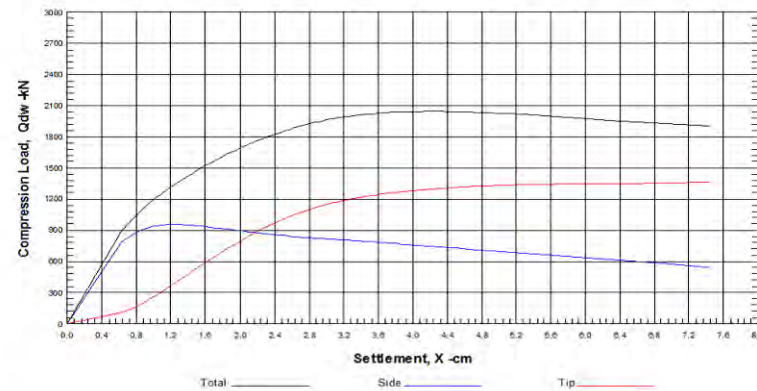
1. Lampiran Output Allpile Q_{ult} Satu Tiang Pancang Diameter 60 cm

Qult End Bearing

Qside	Qtip	Qtotal
kN	kN	kN
0	0	0
792,5	108,8	901,2
874,6	160,1	1034,6
916,7	209,3	1126
938,1	256,7	1194,8
948,5	302,1	1250,6
952,7	345,8	1298,5
888,9	822,5	1711,4
883,7	844,6	1728,3
878,7	865,8	1744,5
873,9	886	1759,9
869,3	905,3	1774,6
857,2	958,3	1815,6
836,5	1057,1	1893,5
833,9	1068,7	1902,6
831,4	1079,9	1911,3
829,1	1090,5	1919,6
802,2	1197,6	1999,8
792,9	1222,2	2015
791	1226,5	2017,5
758,4	1281,8	2040,1
756,6	1284	2040,6
754,8	1286,1	2040,9
742,3	1299,6	2041,9
577,6	1352,7	1930,3
542,6	1363,3	1905,9

$$\begin{aligned}
 0,3Q_{ult} &= 612,57 \text{ kN} \\
 0,6Q_{ult} &= 1225,14 \text{ kN} \\
 0,9Q_{ult} &= 1837,71 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Vertical Load vs. Settlement



Qult Friction

Qside	Qtip	Qtotal
kN	kN	kN
0	0	0
696	18,6	714,6
767,8	27,4	795,2
808	35,8	843,8
831,3	43,9	875,1
844,5	51,6	896,2
851,9	59,1	911
855,4	66,3	921,7
839,2	119	958,2
835,9	123,7	959,6
832,2	128,2	960,4
828,3	132,5	960,8
824,1	136,6	960,7
819,5	140,6	960,1
814,9	144,3	959,2
810,2	148	958,1
676,9	223,5	900,5
675,4	223,8	899,2
673,8	224	897,8
672,3	224,3	896,5
662,9	225,6	888,5
631,7	228,7	860,3
600,6	229,7	830,3
569,5	230	799,5
538,4	231,2	769,5
507,2	233	740,2

0,3Qult

=

288,24 kN

0,6Qult

=

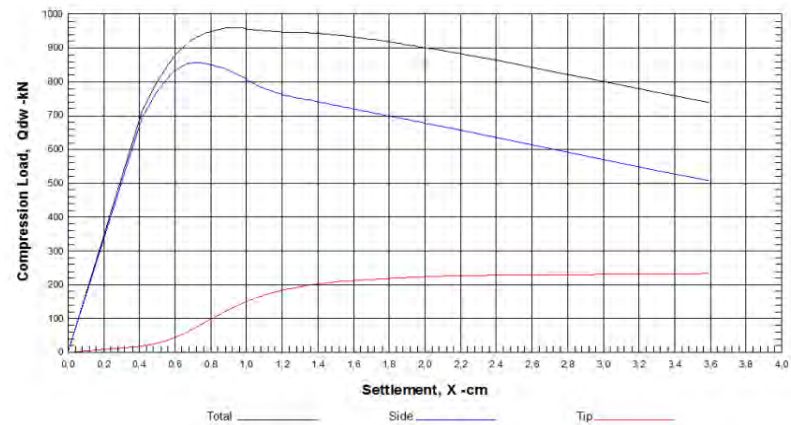
576,48 kN

0,9Qult

=

864,72 kN

Vertical Load vs. Settlement



2. Lampiran Pembahasan Contoh Perhitungan pada bab 4

Di bawah ini adalah contoh perhitungan metode konvensional tumpuan *end bearing* dan metode *p-y curve* tumpuan *end bearing* dan *friction*. Pada contoh perhitungan metode *p-y curve* di bawah ini diambil P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*.

A. Perhitungan jumlah tiang pancang konvensional

$$S = 3 D$$

$$S = 3 \times 60 \text{ cm}$$

$$S = 180 \text{ cm}$$

Untuk jarak tepi tiang pancang :

$$S_1 = 1 D$$

$$S_1 = 1 \times 60 \text{ cm}$$

$$S_1 = 60 \text{ cm}$$

dimana : S = jarak antar tiang pancang

S_1 = jarak tiang pancang ke tepi

Dipakai : jarak antar tiang pancang (S) = 180 cm

jarak tepi tiang pancang (S_1) = 600 cm

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

$$\eta = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{d}{s}\right)}{90} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dimana :

m = Jumlah baris tiang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang dalam grup

d = Diameter sebuah tiang pondasi

s = Jarak as ke as tiang dalam grup

Efisiensi :

$$\eta = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{60}{180}\right)}{90} \cdot \left(2 - \frac{1}{3} - \frac{1}{2}\right) = 0,761028$$

$$Q_L (\text{group}) = 61,257 \times 15 \times 0,699579 = 642,8113 \text{ ton}$$

B. Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang (P_{\max})

$$P_{\max} = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum Y^2} \leq P_{ijin} \text{ (1 tiang)}$$

$$P_{\max} = \frac{5993,9718}{15} + \frac{3,41118}{32,4} + \frac{12,99852}{97,2}$$

$$39,98371 \text{ ton} \leq 61,257 \text{ ton} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

C. Kontrol Tiang Pancang dalam Grup

$$P_{\max} = 39,98371 \times 15 < P_{ijin} = 642,8113 \text{ ton}$$

$$P_{\max} = 599,7557 \text{ ton} < P_{ijin} = 642,8113 \text{ ton} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

- Cara Konvensional

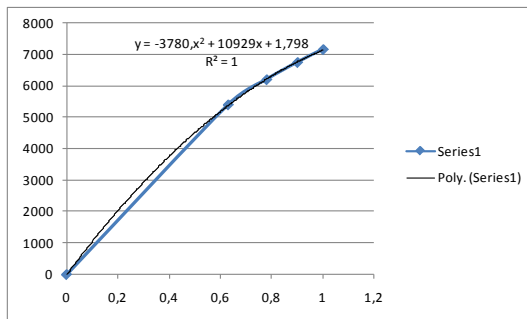
TITIK	$\sum V/n$ (kN)	$\sum M_y$ (kN.m)	$\sum M_x$ (kN.m)	xmax (m)	$\sum x^2$ (m)	ymax (m)	$\sum y^2$ (m)	$\sum m_y \cdot n \cdot \sum x^2$ (kN)	$\sum m_x \cdot y \cdot \sum y^2$ (kN)	Pi (kN)	Pi (ton)	Jml (buah)
127	399,5981	1,8951	3,6107	1,8	32,4	3,6	97,2	0,105283	0,13373	399,8371	39,98371	15
128	381,2545	172,7854	1,7428	3,6	64,8	0,9	8,1	9,599189	0,193644	391,0473	39,10473	10
130	409,0642	2,28	202,3158	0,9	6,48	2,7	32,4	0,316667	16,85965	426,2405	42,62405	8
131	355,2641	102,854	115,5442	0,9	4,86	1,8	12,96	19,04704	16,04781	390,359	39,0359	6
226	336,1476	177,55	2,1015	2,7	32,4	0,9	6,48	14,79583	0,291875	351,2353	35,12353	8
228	371,1311	107,7972	116,158	0,9	3,24	0,9	3,24	29,94367	32,26611	433,3409	43,33409	4

- Cara *p-y curve*

TITIK	$\sum V/n$ (kN)	Pi (ton)	Jml (buah)
127	998,9953	99,89953	6
128	1270,848	127,0848	3
130	1090,838	109,0838	3
131	1065,792	106,5792	2
226	1344,591	134,4591	2
228	1484,524	148,4524	1

D. Perhitungan nilai (k) *p-y curve end bearing*

Untuk menghitung nilai koefisien pegas (k) pada metode *p-y curve* dibutuhkan nilai P dan δ . Nilai P didapat dari beban struktur pada perletakan yang dihitung sedangkan nilai δ didapat dari *immediate settlement* (S_i). Hasil S_i dihitung dari persamaan pada grafik *p-y curve* yang merupakan output dari *software allpile*.



$$S_i = 0,735 \text{ cm}$$

$$k = \frac{P}{\delta}$$

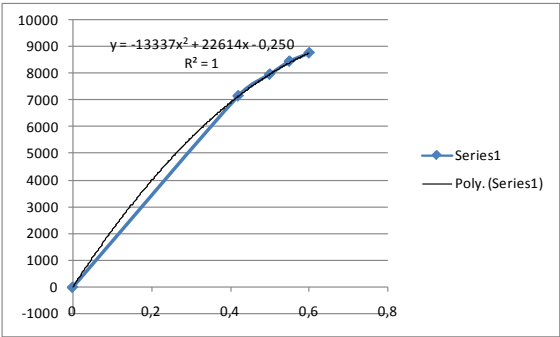
$$k = \frac{599397,18 \text{ kg}}{0,00735 \text{ m}} = 81550636,73 \text{ kg/m}$$

E. Perhitungan nilai (k) *p-y curve friction*

Untuk menghitung nilai koefisien pegas (k) pada metode *p-y curve* dibutuhkan nilai P dan δ . Nilai P didapat dari beban struktur pada perletakan yang dihitung sedangkan nilai δ didapat dari penjumlahan *immediate settlement* (S_i), *creep*, dan pemampatan tanah (S_c). Hasil S_i dihitung dari persamaan pada grafik *p-y curve* yang merupakan output

dari *software allpile*. Sedangkan perhitungan creep dan pemampatan tanah dihitung dengan menggunakan rumus.

a. Immediate settlement



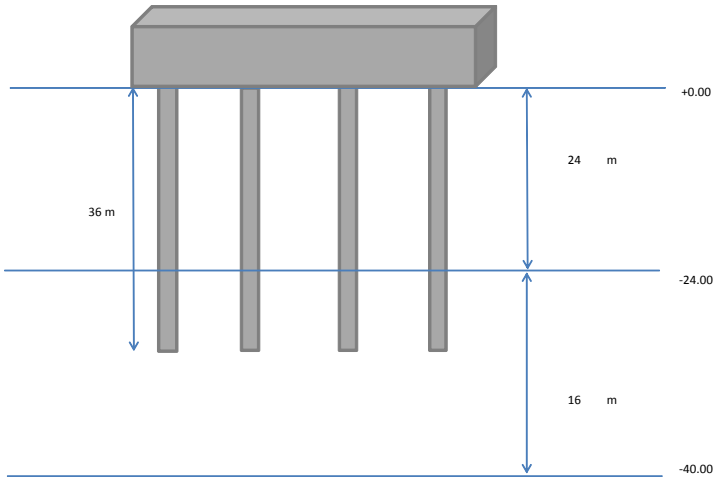
Si = 0,3288 cm

b. Creep

- di = 600
- U = 0,000008
- V = 0,03
- R = 0,9
- t = 10512000
- W = 0,41

$$\begin{aligned}
 p(t) &= p_o + \frac{d_i U \exp(V R_i)}{W} t^w \\
 &= 3,288 + \frac{600.0,9 \exp(0,03.0,9)}{0,41} . 10512000^{0,41} \\
 &= 3,288 + 9,100690104 \\
 &= 12,3886901 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Konsolidasi



						$I = \frac{B \times L}{(B + z)(L + z)}$	
akibat timbunan	Q =	18,49991	t/m				
kedalaman	z	x	y	m=x/z	n=y/z	I	?d'
(m)	(m)	(m)	(m)				(t/m2)
1	0,5	3,60	9	0,139	18,00	0,831836	15,38889
2	1,5	3,60	9	0,417	6,00	0,605042	11,19322
3	2,5	3,60	9	0,694	3,60	0,461867	8,544507
4	3,5	3,60	9	0,972	2,57	0,36507	6,753771
5	4,5	3,60	9	1,250	2,00	0,296296	5,481456
6	5,5	3,60	9	1,528	1,64	0,245548	4,542608
7	6,5	3,60	9	1,806	1,38	0,206963	3,828791
8	7,5	3,60	9	2,083	1,20	0,176904	3,272712
9	8,5	3,60	9	2,361	1,06	0,153011	2,830683
10	9,5	3,60	9	2,639	0,95	0,133691	2,473271
11	10,5	3,60	9	2,917	0,86	0,11784	2,180022
12	11,5	3,60	9	3,194	0,78	0,104668	1,93635
13	12,5	3,60	9	3,472	0,72	0,093601	1,731611
14	13,5	3,60	9	3,750	0,67	0,084211	1,557887
15	14,5	3,60	9	4,028	0,62	0,076173	1,409186
16	15,5	3,60	9	4,306	0,58	0,069238	1,2809
17	16,5	3,60	9	4,583	0,55	0,063213	1,169441

depth (m)	Z tinjauan (m)	H (m)	γ _{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	eo	Cc	Cs	p' _o (kg/cm ²)	Pc (kg/cm ²)	Δσ (t/m ²)	OCR	jenis tenah	Δσ+ p' _o (t/m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)	Sc kum (cm)
1	0,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	10,594	12,594	15,38889	1,188786	OC	25,98289	0,123762	0,123762	12,37625
2	1,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	10,986	12,986	11,19322	1,18205	OC	22,17922	0,092134	0,215896	21,5896
3	2,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	11,378	13,378	8,544507	1,175778	OC	19,92251	0,069171	0,285067	28,5067
4	3,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	11,77	13,77	6,753771	1,169924	OC	18,52377	0,052117	0,337184	33,71844
5	4,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	12,162	14,162	5,481456	1,164447	OC	17,64346	0,039227	0,376412	37,64118
6	5,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	12,554	14,554	4,542608	1,159312	OC	17,09661	0,029342	0,405753	40,57534
7	6,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	12,946	14,946	3,828791	1,154488	OC	16,77479	0,021664	0,427418	42,74176
8	7,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	13,338	15,338	3,272712	1,149948	OC	16,61071	0,015637	0,443054	44,30543
9	8,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	13,73	15,73	2,830683	1,145666	OC	16,56068	0,010859	0,453913	45,39133
10	9,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	14,122	16,122	2,473271	1,141623	OC	16,59527	0,00704	0,460953	46,09531
11	10,5	1	1,392	0,392	2,583	1,377	0,1377	14,514	16,514	2,180022	1,137798	OC	16,69402	0,003964	0,464917	46,49174

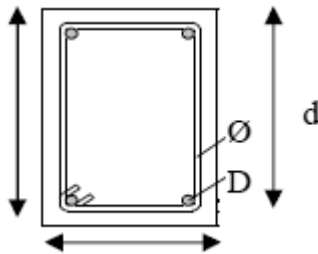
$$k = \frac{P}{\delta}$$

$$k = \frac{599397,18 \text{ kg}}{0,48045 \text{ m}} = 1247574,524 \text{ kg/m}$$

F. Data Perencanaan Tulangan Lentur Balok Induk

Data perencanaan yang diperlukan meliputi mutu bahan, dimensi balok, serta diameter tulangan yang digunakan.

Dimensi	: 40/60
Tebal decking (d')	: 40 cm SNI03-2847-2013 pasal (7.7)
Tulangan lentur (D)	: 19 mm
Tulangan sengkang (D)	: 8 mm
Mutu Tulangan (fy)	: 400 Mpa
Mutu sengkang (fy)	: 400 Mpa
Mutu beton (f'c)	: 35 Mpa



$$\begin{aligned}d &= h - (\text{decking} + D_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \cdot D_{\text{tul. utama}}) \\&= 600 - (40 + 8 + 0,5 \times 19) \\d &= 600 - 57,5 = 542,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Menentukan harga β_1

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} \quad \text{SNI 03-2847-2013 pasal (10.2.7.3)} \\&= 0,85 - 0,05 (35 - 28)/7 = 0,8\end{aligned}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

a. Mencari ρ balance

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0.85\beta_1 f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \text{SNI 03-2847-2013 lampiran B (8.4.2)} \\&= 0,0357\end{aligned}$$

b. Mencari ρ maksimum

$$\rho_{\max} = \mathbf{0,024}$$

SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1)

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b$$

SNI 03-2847-2013 lampiran B (10.3.3)

$$= 0.75 \times 0.0357 = \mathbf{0,026775}$$

Di pakai ρ maksimum yang lebih kecil = **0,024**

c. Mencari ρ minimum

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y}$$

SNI 03-2847-2013 pasal (10.5.1)

$$= \frac{0.25 \times \sqrt{35}}{400} = \mathbf{0,0036975}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

SNI 03-2847-2013 pasal (10.5.1)

$$= \frac{1.4}{400} = \mathbf{0,0035}$$

Dari kedua harga ρ_{\min} tersebut, diambil harga yang terbesar = 0,0036975

d. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c'}$$

$$= \frac{400}{0.85 \times 35} = \mathbf{13,445378}$$

e. Menentukan M_n dan R_n yang digunakan

$$M_n = M_u / \Phi$$

Harga Momen ultimate yang digunakan didapat dari Output program bantu SAP.

Kombinasi yang digunakan adalah 1,2D+1,6L+0,5R karena kombinasi beban tersebut yang memberi dampak momen terbesar untuk balok induk

Momen negatif tumpuan maksimum = **-21833,9 Kgm**

Momen positif lapangan maksimum = **16008,27 Kgm**

Momen negatif tumpuan maksimum = **-29537,3 Kgm**

Menentukan Rn

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2}$$

Diketahui harga $\phi = 0.75$ SNI 03-2847-2013 pasal (9.3.2.7)

f. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x_m R_n}{f_y}} \right)$$

Dimana : $\rho_{min} < \rho_{pakai} < \rho_{max}$

g. Menentukan Jarak dan Jumlah tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \quad \text{---} \rightarrow \quad A_s = \rho \times b \times d$$

$$\text{Jumlah.tulangan} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{1/4 \times \pi \times \phi^2}$$

$$\text{Jarak.tulangan} = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1}$$

frame	lokasi	MU	MN perlu	RN	RO PERLU	RO PAKAI	AS PERLU	TUL PERLU	TUL PASANG	JARAK TUL	jumlah	
		Kgm	Kgm	N/mm			mm2			mm	lapis	
408	tumpuan	-21833,9	27292,36	2,32	0,0060	0,0060	1310,96	4,62	6	38,00	38,00	1
408	lapangan	16008,27	20010,34	1,70	0,0044	0,0044	950,10	3,35	4	76,00	76,00	1
408	tumpuan	-29537,3	36921,63	3,14	0,0083	0,0083	1802,06	6,36	8	21,71	21,00	1
409	tumpuan	-30308,8	37885,95	3,22	0,0085	0,0085	1852,18	6,53	8	21,71	21,00	1
409	lapangan	16033,74	20042,18	1,70	0,0044	0,0044	951,66	3,36	4	76,00	76,00	1
409	tumpuan	-21011,5	26264,35	2,23	0,0058	0,0058	1259,48	4,44	6	38,00	38,00	1
511	tumpuan	-27883	34853,76	2,96	0,0078	0,0078	1695,19	5,98	6	38,00	38,00	1
511	lapangan	30956,05	38695,06	3,29	0,0087	0,0087	1894,36	6,68	8	21,71	21,00	1
511	tumpuan	-26495,9	33119,83	2,81	0,0074	0,0074	1606,18	5,66	6	38,00	38,00	1
518	tumpuan	-35824	44779,94	3,80	0,0102	0,0102	2215,68	7,81	8	21,71	21,00	1
518	lapangan	35759,77	44699,71	3,80	0,0102	0,0102	2211,40	7,80	8	21,71	21,00	1
518	tumpuan	-33854,6	42318,21	3,59	0,0096	0,0096	2084,80	7,35	8	21,71	21,00	1
534	tumpuan	-26747,7	33434,58	2,84	0,0075	0,0075	1622,30	5,72	6	38,00	38,00	1
534	lapangan	29776,9	37221,13	3,16	0,0084	0,0084	1817,61	6,41	8	21,71	21,00	1
534	tumpuan	-30346,2	37932,69	3,22	0,0085	0,0085	1854,61	6,54	8	21,71	21,00	1
535	tumpuan	-38138,7	47673,35	4,05	0,0109	0,0109	2371,10	8,36	10	12,67	12,00	1
535	lapangan	35216,07	44020,09	3,74	0,0100	0,0100	2175,15	7,67	8	21,71	21,00	1
535	tumpuan	-32798,7	40998,43	3,48	0,0093	0,0093	2015,13	7,11	8	21,71	21,00	1
551	tumpuan	-35194,9	43993,58	3,74	0,0100	0,0100	2173,74	7,67	8	21,71	21,00	1
551	lapangan	35034,87	43793,59	3,72	0,0100	0,0100	2163,09	7,63	8	21,71	21,00	1
551	tumpuan	-36389,6	45486,98	3,86	0,0104	0,0104	2253,50	7,95	8	21,71	21,00	1
552	tumpuan	-37376,4	46720,55	3,97	0,0107	0,0107	2319,73	8,18	10	12,67	12,00	1
552	lapangan	35190,81	43988,51	3,74	0,0100	0,0100	2173,47	7,67	8	21,71	21,00	1
552	tumpuan	-33695	42118,74	3,58	0,0096	0,0096	2074,25	7,32	8	21,71	21,00	1
568	tumpuan	-33986,9	42483,60	3,61	0,0096	0,0096	2093,55	7,38	8	21,71	21,00	1
568	lapangan	35306,91	44133,64	3,75	0,0101	0,0101	2181,20	7,69	8	21,71	21,00	1
568	tumpuan	-37239,5	46549,31	3,95	0,0106	0,0106	2310,52	8,15	10	12,67	12,00	1
569	tumpuan	-38482,8	48103,51	4,09	0,0110	0,0110	2394,36	8,44	10	12,67	12,00	1
569	lapangan	35195,94	43994,93	3,74	0,0100	0,0100	2173,81	7,67	8	21,71	21,00	1
569	tumpuan	-32657,6	40822,05	3,47	0,0092	0,0092	2005,85	7,07	8	21,71	21,00	1
585	tumpuan	-33068,8	41335,99	3,51	0,0094	0,0094	2032,92	7,17	8	21,71	21,00	1
585	lapangan	35211,76	44014,70	3,74	0,0100	0,0100	2174,86	7,67	8	21,71	21,00	1
585	tumpuan	-38287,9	47859,86	4,07	0,0110	0,0110	2381,18	8,40	10	12,67	12,00	1
586	tumpuan	-39446,6	49308,21	4,19	0,0113	0,0113	2459,70	8,68	10	12,67	12,00	1
586	lapangan	35206,68	44008,35	3,74	0,0100	0,0100	2174,53	7,67	8	21,71	21,00	1
586	tumpuan	-31743,3	39679,09	3,37	0,0090	0,0090	1945,83	6,86	8	21,71	21,00	1

G. Kontrol Retak

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 = 7,2 \times 10^9 \text{ mm}^2$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f'_c} = 0,7 \sqrt{35} = 4,14 \text{ MPa}$$

Diasumsikan beton normal maka

$$f_s = 0,6 \times f_y$$

$$= 0,6 \times 400 = 240 \text{ Mpa}$$

Tebal decking = 40 mm

Tulangan sengkang = 8 mm

$$\gamma_{bc} = 3$$

$$d_c = 40 + 8 + 0,5 \cdot 19 = 56 \text{ mm}$$

$$A = \frac{b \times t}{\gamma_{bc}} = \frac{b \times 2 \times d_c}{\gamma_{bc}} = \frac{400 \times 2 \times 57,5}{6} = 7666,667 \text{ mm}^2$$

$$\beta = 1,2 \text{ (untuk balok)}$$

$$W_{\max} = 0,011 \cdot \beta \cdot f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} \times 10^{-3}$$

$$= 0,011 \cdot 1,2 \cdot 240 \cdot \sqrt[3]{57,5 \times 7666,667} \times 10^{-3}$$

$$= 0,241107 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm (untuk interior exposure)} \dots \text{OK !!}$$

Berdasarkan kontrol, balok memenuhi kontrol retak.

frame	lokasi	TUL PASANG	dc (mm)	A (mm2)	Lebar Retak (mm)
408	tumpuan	6	57,5	7666,6667	0,2411071
408	lapangan	4	57,5	11500	0,2759987
408	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
409	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
409	lapangan	4	57,5	11500	0,2759987
409	tumpuan	6	57,5	7666,6667	0,2411071
511	tumpuan	6	57,5	7666,6667	0,2411071
511	lapangan	8	57,5	5750	0,2190603
511	tumpuan	6	57,5	7666,6667	0,2411071
518	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
518	lapangan	8	57,5	5750	0,2190603
518	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
534	tumpuan	6	57,5	7666,6667	0,2411071
534	lapangan	8	57,5	5750	0,2190603
534	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
535	tumpuan	10	57,5	4600	0,2033576
535	lapangan	8	57,5	5750	0,2190603
535	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
551	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
551	lapangan	8	57,5	5750	0,2190603
551	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
552	tumpuan	10	57,5	4600	0,2033576
552	lapangan	8	57,5	5750	0,2190603
552	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
568	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
568	lapangan	8	57,5	5750	0,2190603
568	tumpuan	10	57,5	4600	0,2033576
569	tumpuan	10	57,5	4600	0,2033576
569	lapangan	8	57,5	5750	0,2190603
569	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
585	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603
585	lapangan	8	57,5	5750	0,2190603
585	tumpuan	10	57,5	4600	0,2033576
586	tumpuan	10	57,5	4600	0,2033576
586	lapangan	8	57,5	5750	0,2190603
586	tumpuan	8	57,5	5750	0,2190603

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya, pada tanggal 3 Maret 1994 dengan nama lengkap Reta Sandra Devina. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis, yaitu TK Ksatria Surabaya, SD Dapena Surabaya, SMP Negeri 12 Surabaya, SMA Negeri 5 Surabaya. Setelah lulus dari SMA Negeri 5 Surabaya, penulis mengikuti SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) jalur undangan dan diterima di jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya pada tahun 2011 dan

terdaftar dengan NRP. 3111100016.

Selama berkuliah di Jurusan Teknik Sipil ITS, penulis sangat tertarik pada Bidang Geoteknik, terutama pada pondasi dalam. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini penulis mengambil topik bahasan mengenai studi analisis perencanaan pondasi tiang pancang. Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email: **retasandrad@gmail.com**